МАССОВАЯ РАДИО- БИБЛИОТЕКА

В. К. ЛАБУТИН

НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ ПО РАДИОТЕХНИКЕ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 25

В. К. ЛАБУТИН

НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ ПО РАДИОТЕХНИКЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1949 ЛЕНИНГРАД

ЭС2-4

Книга предназначена для руководителей радиолюбительских кружков, преподавателей радиотехники различных курсов.

Значительная часть описываемых в книге пособий является оригинальными действующими макетами, весьма наглядно объясняющими важнейшие явления в электро- и радиотехнике и принципы работы некоторых схем.

При описании каждого пособия даются необходимые указания по его. изготовлению и краткие методические замечания по использованию на занятиях.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В нашей стране — родине радио—особенно широкий размах получает радиолюбительское движение. В тысячах радиокружков при организациях Досарм'а, в школах и радиоклубах изучают радиотехнику советская молодежь и взрослые радиолюбители.

Из них вырастают активные деятели радиофикации страны, радисты, радиомонтеры и работники сельских радиоузлов.

С каждым днем растет сеть радиокружков и всевозможных радиокурсов. Перед их руководителями стоит задача в увлекательной и доходчивой форме преподнести основы радиотехники своим слушателям. Большое значение в решении этой задачи имеют наглядные пособия. Данная книга должна помочь оснащению радиоклубов Досарм'а и различных радиокурсов комплектами наглядных пособий по электро-, радиотехнике и тем самым содействовать лучшему освоению основ радиотехники широкими слоями населения нашей Родины.

Автор

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРАБОТАННОГО КОМПЛЕКТА ПОСОБИЙ

Перечень наглядных пособий, входящих в рекомендуемый комплект, приведен в таблице (см. приложение). Это комплект, удостоенный на 6-й Всесоюзной заочной радиовыставке 4-й премии [1], и пополненный рядом пособий, сконструированных позднее. Он представляет методическую разработку, обеспечивающую наглядное объяснение большинства вопросов, подлежащих изучению в элементарном курсе основ электротехники, радиотехники и приемо-передающей аппаратуры. Все пособия сконструированы с учетом возможности их демонстрации аудитории до 30 человек. Характерной особенностью разработки является создание серии наглядных пособий новой формы—«действующих макетов». Из-за недостатка места, не позволяющего описать все разработанные пособия, даются описания лишь отдельных пособий, являющихся яркими представителями различных форм их. При этом особое внимание уделено действующим макетам. Детальное изложение принципов построения различных пособий облегчит самостоятельную разработку комплектов, составленных в соответствии с программой того или иного курса.

---

[1] Экспонат, представленный коллективом конструкторов под общим руководством М. И. Савельева.

НАБОРЫ ДЕТАЛЕЙ

Наборы деталей являются распространенной формой наглядных пособий. Они используются для демонстрации простейших явлений в схемах, собираемых прямо на занятии. С их же помощью производится начальная тренировка обучаемых в пользовании измерительной аппаратурой и в сборке простейших схем В наш комплект включены 4 набора: 1) по электростатике; 2) по постоянному току; 3) по магнетизму и электромагнетизму и 4) по радиотехнике. Первые три комплекта скомпанованы по типу наглядных пособий, выпускаемых для физических кабинетов средних школ. Последний состоит из обычных радиодеталей, смонтированных на подставках и снабженных зажимами, допускающими сборку схем без горячей пайки. Составление таких наборов несложно, методика использования общеизвестна.

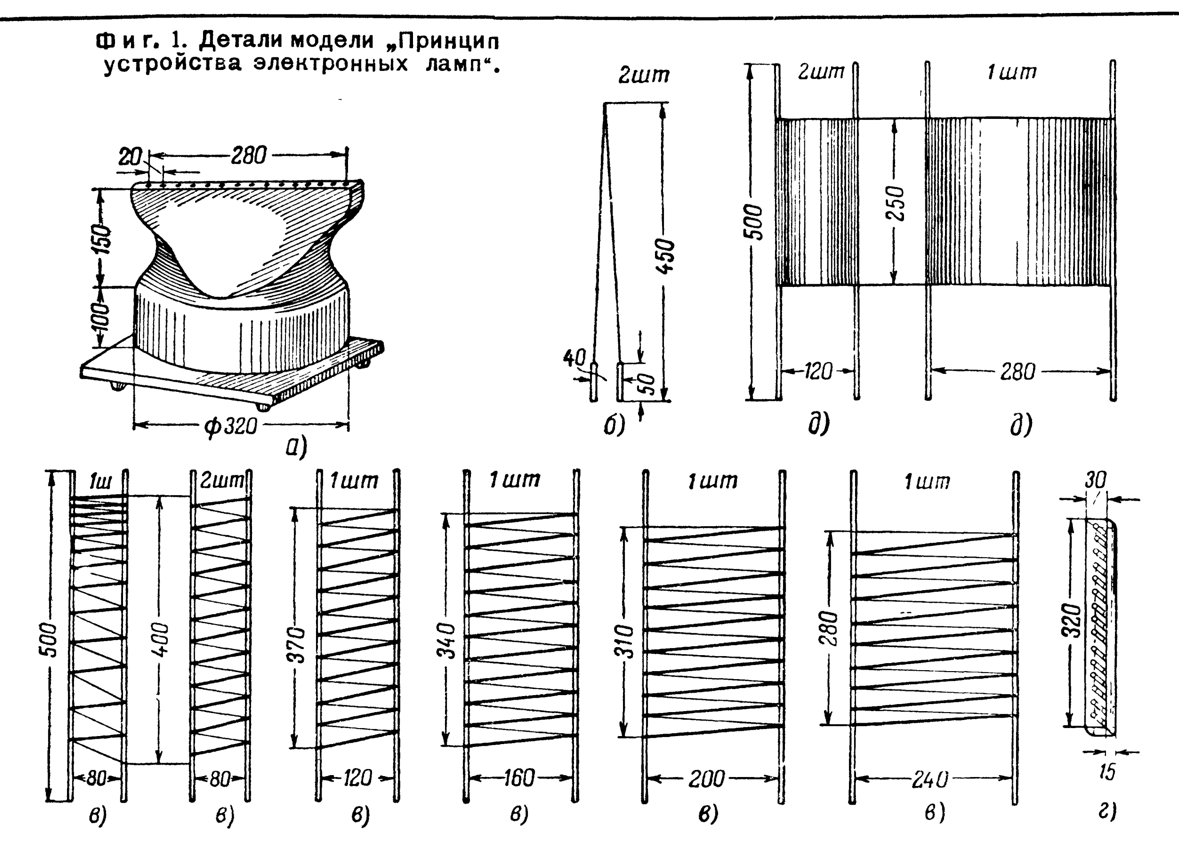
МОДЕЛИ

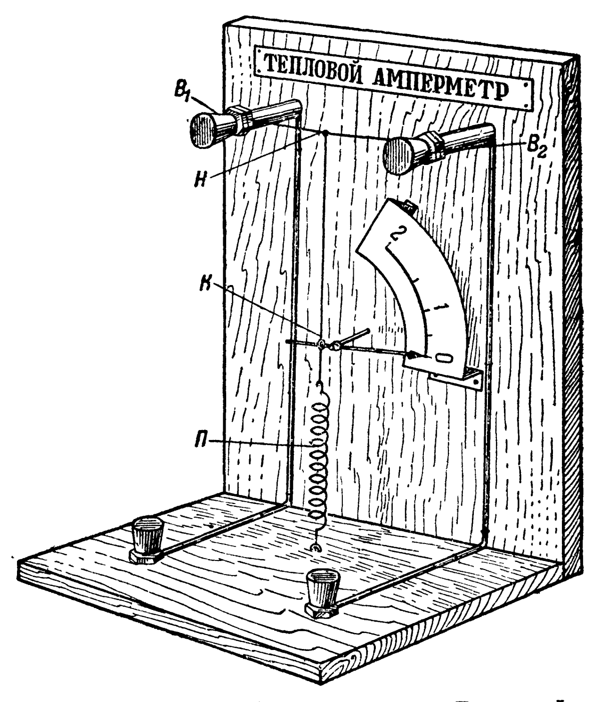
Модели различных приборов применяются для показа принципа их устройства и работы в более наглядной форме, чем это можно было бы сделать на настоящих конструкциях. Модели выполняются действующими и недействующими. Последние демонстрируют только устройство. Основные принципы изготовления моделей, повышающие наглядность демонстрации, заключаются: 1) в изменении размеров прибора; 2) в упрощении его конструкции и 3) в изготовлении разборных моделей. Приводимые ниже описания двух моделей поясняют конкретные формы применения этих принципов.

МОДЕЛЬ „ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП“

Эта модель служит для демонстрации устройства радиоламп и состоит из комплекта различных электродов и деталей крупного размера, позволяющих собирать электродные системы радиоламп разных типов. Отдельные детали модели и их размеры приведены на фиг. 1. Основание — цоколь *а* изготовлен из дерева. На его гребне на расстоянии 2 *см* друг от друга расположены 15 отверстий. Нити накала *б* и сетки *в* выполнены из толстой (2—3 *мм*) медной проволоки. В качестве подогревных катодов используются кембриковые трубки, окрашенные белой краской («активный слой») и одеваемые на нить накала. Аноды *д* изготовлены из жести. Для скрепления электродов сверху служит пластинка *г* из плексигласа или толстого целлулоида с 15 отверстиями, расположенными так же, как на гребне цоколя. Все детали окрашены: нити накала — красной краской, сетки — серебристой, аноды — черной. Цоколь покрыт лаком.

Фиг. 1. Детали модели „Принцип устройства электронных ламп".





Фиг. 2. Внешний вид модели „Тепловой амперметр".

ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ „ТЕПЛОВОЙ АМПЕРМЕТР"

Внешний вид модели изображен на фиг. 2. Угловая панель собрана из 10-*мм* фанерных дощечек размером 100×180 *мм* (основание) и 180×300 *мм* (стенка). Панель отполирована с сохранением естественного цвета. На стенке, между двумя винтами B_1 и B_2, натянута нить *Н* длиной 100 *мм,* выполненная из нихрома диаметром 0,5 *мм.* От ее середины опущен мягкий многожильный проводничок, закрепленный на основании с помощью пружины *П*. На высоте 80 *мм* от основания к этому проводничку припаяно колечко *К*, через которое пропущен задний конец стрелки. Ось стрелки расположена на высоте колечка, на расстоянии 3 *мм* от него. При такой конструкции максимальный угол поворота стрелки составляет 50—60°. Соответственно изготовлена шкала, наклеенная на железную скобку. Чувствительность подобного амперметра при правильном подборе пружины составляет 1—2 *а* на всю шкалу, что позволяет его удобно демонстрировать, измеряя силу тока в цепи лампочки (60—100 *вт*) при включении ее в осветительную сеть.

ДЕЙСТВУЮЩИЕ МАКЕТЫ

Общим названием «действующие макеты» объединены довольно разнообразные по способам демонстрации наглядные пособия, освещающие, в основном, принципы работы и физические процессы в схемах. Общей для них чертой является более или менее явное разделение демонстрационной части и рабочего монтажа, повышающее наглядность и снижающее стоимость наглядных пособий. Эти свойства особенно выгодно отличают действующие макеты от пособий других форм, когда необходима демонстрация работы громоздких схем с сложными физическими процессами. Разработка действующих макетов началась лишь в последние годы, так что еще не представляется возможным дать им исчерпывающую характеристику. Однако, их принципиальные преимущества перед другими формами пособий позволяют надеяться, что после опубликования первых разработок действующие макеты получат широкое распространение.

По методам демонстрации действующие макеты разделяются на следующие основные группы.

1. Макеты, в которых демонстрация явлений производится с помощью монтажной схемы, соответствующей демонстрационной схеме. К таким действующим макетам относятся: а) развернутые монтажи, в форме

которых выполнены «Грозоотметчик Попова», «Детекторный приемник», «Усилитель низкой частоты», «Приемник прямого усиления», «Супергетеродин II класса», «Приемно-передающая УКВ-рация» и «Телефонно-телеграфный КВ-передатчик»; б) испытательные схемы для демонстрации свойств и работы различных радиодеталей: «*R, C, L* в цепях постоянного и переменного токов», «Барретер» и «Неоновый стабилизатор напряжения»; в) макеты, демонстрирующие с помощью простых индикаторов и обычных измерительных приборов происходящие в схемах физические явления: «Основные законы цепи постоянного тока», «Взаимоиндукция», «Самоиндукция», «Пульсирующий ток», «Резонанс токов», «Резонанс напряжений», «Лампа-генератор» и «Лампа-усилитель».

2. Макеты, в которых демонстрация явлений производится при помощи аналогии. К этому методу прибегают в тех случаях, когда демонстрируемое явление нельзя представить с помощью макета 1-й группы достаточно наглядно без сложной измерительной аппаратуры, а в аналогии с другим общеизвестным явлением оно усваивается легко. На этом принципе построены макеты «Колебательный контур» и «Резонанс колебательных систем», выполненные в аналогии с механическими маятниками, макеты «Боковые частоты», «Принцип супергетеродинного приема» и «Диодный детектор», работающие на низких частотах вместо высоких, что позволило привести все процессы в форму, доступную для восприятия, без помощи высокочастотной измерительной аппаратуры.

3. Макеты, в которых демонстрация явлений производится с помощью искусственных монтажных схем, скрытых позади панели и обеспечивающих необходимые для наглядного объяснения эффекты. Действующие макеты этой группы открывают педагогу-конструктору наглядных пособий очень большие возможности, так как применение искусственных схем позволяет демонстрировать необходимые явления любыми способами. Как показала практика, применяя такие макеты, можно наглядно показать работу сложных схем с помощью простых приспособлений, вплоть до полного отказа от радиодеталей[1]. Но поскольку в основу их построения заложено использование устройств, принципиально отличающихся от демонстрируемой схемы, конструирование их следует производить очень осторожно, чтобы не допустить ошибок как методического, так и принципиального характера. В нашем комплекте пособий к этой группе макетов относятся: «Синусоидальная э. д. с.», «Удвоение частоты», «Амплитудная модуляция» и «Умформер».

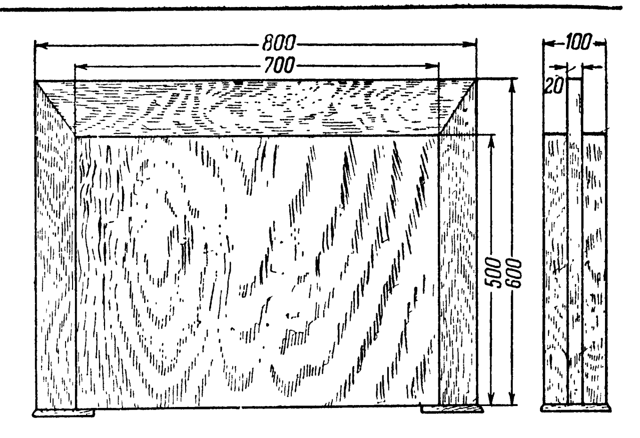
Отдельную группу пособий представляют **электрифицированные плакаты** «Кенотронный выпрямитель» и «Селеновый выпрямитель».

СТОЙКА ДЛЯ МОНТАЖА ДЕЙСТВУЮЩИХ МАКЕТОВ

Для монтажа действующих макетов разработана стандартная стойка, изображенная на фиг. 3. Она представляет переносную настольную конструкцию, позволяющую удобно использовать принципы построения действующих макетов, и имеет ряд преимуществ перед другими типами панелей в отношении удобства размещения макета при его демонстрации и хранении. Эти преимущества сказываются особенно сильно, когда учебное помещение имеет небольшие размеры. Описываемая стойка является двусторонней, т. е. имеет две панели, что позволяет монтировать на ней два макета.

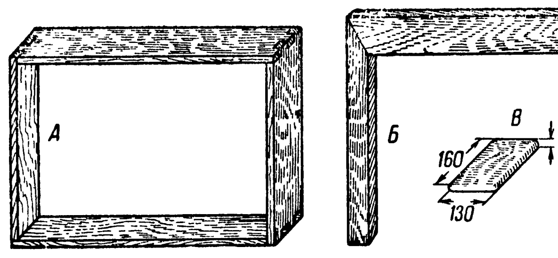
Коробка (фиг. 4,*А*) и рама (фиг. 4,*Б*) собираются на шипах. Ножки заготовляются по размерам, показанным на фиг. 4,*В*. Затем эти части сколачиваются гвоздями. Коробка с обеих сторон закрывается фанерными панелями. Одна панель приклеивается столярным клеем и прибивается деревянными гвоздями.

[1] Здесь подразумевается так называемый „бесприборный принцип построения действующих макетов“, предложенный инж. В. М. Белоглазовым и заключающийся в объединении индикаторов и органов управления макета с помощью механических передач.



Фиг. 3. Стандартная стойка для монтажа действующих макетов.

Другая панель делается съемной, для чего привинчивается 10—12 шурупами. Внешняя отделка состоит в следующем. Фанерные панели полируются с сохранением естественного цвета, все прочие части полируются после предварительной обработки морилкой до темнокоричневого тона. Полировку следует производить до сколачивания стойки. При таком способе отделки особое внимание обращается на подбор материала. Из более дешевых сортов красивые стойки получаются при использовании березовой фанеры (3 *мм*) и сосновых досок (10—20 *мм*). Если отделка стоек описанным способом окажется сложной, можно обойтись окраской их масляными красками. Фанерные панели окрашиваются белилами, остальные части оформляются под темный мрамор.



Фиг. 4. Короб, рама и ножки стойки.

Опытами некоторых педагогов установлено, что на серо-синем фоне белое изображение меньше всего утомляет глаз. Однако, детали, не окрашенные в белый цвет, будут восприниматься плохо, да и сама стойка при таком оформлении выглядит менее изящно. Привлекательный внешний вид и наглядность демонстрации исключают возможность утомления обучаемых.

Ниже излагаются общие принципы выполнения действующих макетов, а затем приводятся описания ряда макетов, являющихся наиболее характерными представителями перечисленных групп.

ОБЩИЕ МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ МАКЕТОВ

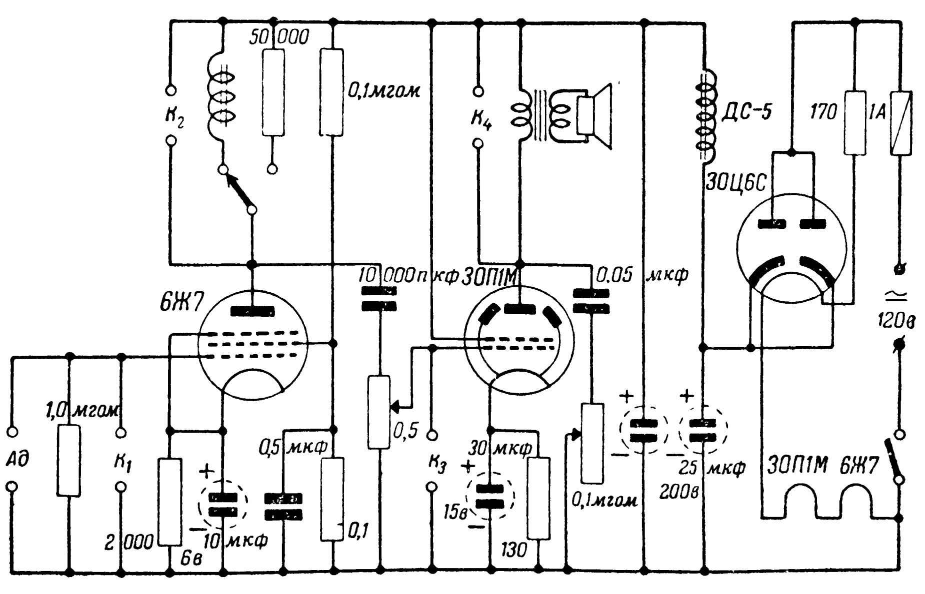
Каждый макет снабжается заголовком, помещенным в верхней части рамы стойки. Заголовки выполняются буквами, вырезанными из 1,5—2,0-*мм* картона. Они окрашиваются золотистой краской, если стойка полированная, или коричневой—если стойка крашеная. В верхней части панели каждого макета помещается краткая формулировка, резюмирующая основное явление, которому посвящен данный макет. Эти формулировки выполняются акварельными красками или тушью на плотной белой бумаге. При укреплении на панели они покрываются целлулоидными накладками, предохраняющими их от пыли и грязи.

В методах выполнения демонстрационных схем тоже соблюдаются некоторые общие принципы. Как правило, схема на лицевой панели дается в принципиальном виде. Наиболее важные детали укрепляются рядом с их схематическими обозначениями или вместо них. Вспомогательные детали укрепляются внутри стойки. Все соединительные провода, за исключением мест их подсоединения к наружным деталям, располагаются внутри стойки, а на лицевой панели изображаются нарисованными линиями. Толщина этих линий 7—8 *мм*. Ручки всех органов управления (переключателей, реостатов и т. п.) снабжены стрелками, производящими соответствующие изменения в схеме, изображенной на панели. Питание все действующие макеты получают от внешних источников тока.

Для подключения источников постоянного тока служат зажимы, устанавливаемые на лицевой панели и вводимые в демонстрационную схему. Около зажимов подписываются необходимое напряжение и его полярность. Макеты, питающиеся от сети переменного тока, снабжены шнурами с вилками. Шнур выводится через боковую стенку коробки макета, а в демонстрационной схеме источник обозначается условно. В качестве индикаторов применяются обычные измерительные приборы и лампочки (накаливания и неоновые). Для пояснения процессов в цепях переменного тока широкое применение находят графики, что, в свою очередь, прививает навыки в их чтении. Графики э. д. с. и напряжения, электрифицированные электрические поля выполняются красным цветом. Графики силы тока, электрифицированные магнитные поля и стрелки, обозначающие направление тока, воспроизводятся зеленым цветом. Прочие изображения выполняются, в основном, темнокоричневой краской. Отступление от этих, на первый взгляд, конструктивно незначительных приемов будет ошибкой, так как применение во всем комплекте пособий общих принципов помогает обучаемому систематизировать накопленные знания и облегчает усвоение нового материала. В описанных ниже образцах действующих макетов все случаи отступления от этих правил оговорены особо.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ „УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ"

Развернутые монтажи используются на теоретических занятиях (для демонстрации работы радиосхем) и на практических занятиях по налаживанию и ремонту радиоаппаратуры. Примером выполнения развернутого монтажа в разрезе использования по обоим направлениям является действующий макет «Усилитель низкой частоты».



Фиг. 5. Принципиальная схема усилителя низкой частоты для развернутого монтажа.

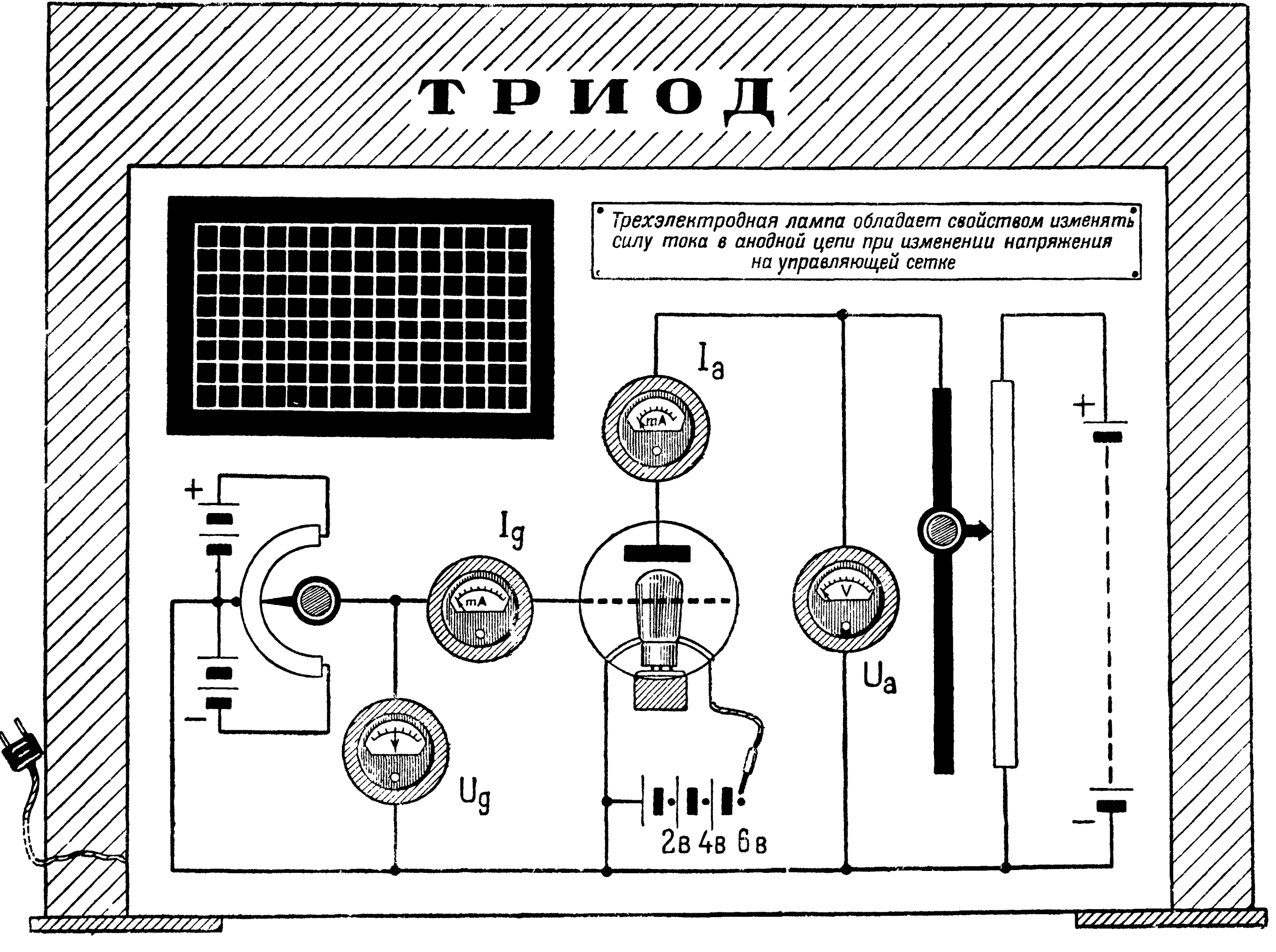
Для действующего макета взята типовая радиолюбительская схема средней сложности, представляющая двухкаскадный усилитель с универсальным питанием (фиг. 5). Первый каскад имеет сменную анодную нагрузку (сопротивление, дроссель), выходной каскад — трансформаторный. Таким образом, макет демонстрирует три основных типа усилителей низкой частоты. В схеме имеются регуляторы громкости и тона. Возможность демонстрации работы усилителя по звеньям обеспечена введением в него четырех пар контрольных гнезд K_1—K_4. Вспомогательные цепи приведены к самому простому виду (выпрямитель однополупериодный, без силового трансформатора, развязка в анодной цепи первого каскада отсутствует). Такая схема представляет интерес с точки зрения радиолюбительской практики и в то же время довольно проста в усвоении при первом знакомстве с ней на теоретических занятиях.

Конструктивное выполнение и художественное оформление монтажа определяют легкость чтения его схемы. Усилитель низкой частоты смонтирован на стандартной стойке в сочетании с нарисованной на панели принципиальной схемой. Принципиальная схема выполнена в цветах, разделяющих цепи с различными напряжениями. Светлокоричневым цветом обозначено переменное напряжение сети, цепи накала; красным — плюс высокого напряжения, включая цепи экранных сеток; голубым—напряжение звуковой частоты. Черный цвет использован для проводов, несущих минус высокого напряжения, и цепей сеточного смещения. Им же нарисованы схематические обозначения всех деталей. Провода, находящиеся одновременно под различными напряжениями, выполнены чередующимися цветами соответствующих напряжений. Например, анодные провода — голубой с красным. Злоупотреблять количеством цветов не следует, так как при этом схема теряет наглядность. В связи с относительной громоздкостью схем развернутых монтажей толщина схемных линий в них уменьшена до 5 *мм* (основные цепи — собственно усилитель) и до 3 *мм* (вспомогательные цепи—выпрямитель, цепи накала ламп, цепи контрольных гнезд). Пояснительный текст отсутствует. Детали укреплены рядом с их схематическими обозначениями. Соединительные провода скрыты позади панели. Часть деталей подключена с помощью гибких проводничков и зажимов, что расширяет демонстрационные возможности макета.

Развернутые монтажи более сложных схем изготовляются такими же методами, но не на стойках, а на щитах необходимого размера.

Краткие методические указания по использованию макета «Усилитель низкой частоты». Для демонстрации работы первого каскада гнезда K_4 замыкаются, на вход подключается адаптер граммпроигрывателя, а прослушивание производится с помощью репродуктора (телефонов), включаемого поочередно в гнезда K_1, K_2 и K_3. При размыкании гнезд K_4 демонстрируют работу обоих каскадов усилителя на динамик.

На практических занятиях с помощью этого макета можно: 1) производить проверку режима ламп; 2) заменять отдельные детали неисправными и показывать вызываемые этим



Фиг. 6. Внешний вид действующего макета „Триод".

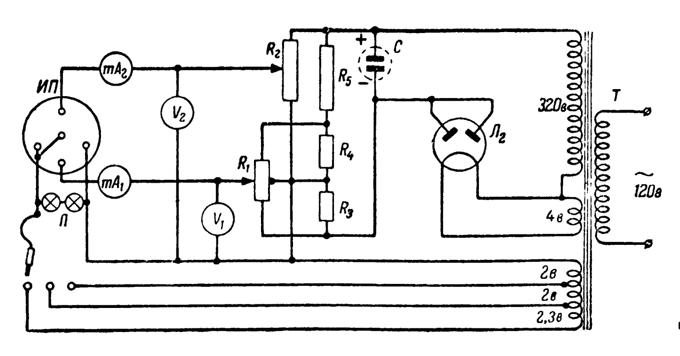
явления; 3) демонстрировать порядок отыскания и устранения наиболее характерных неисправностей; 4) производить тренировку обучаемых в самостоятельном нахождении и устранении неисправностей.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ „ТРИОД"

Внешний вид действующего макета «Триод» представлен на фиг. 6. На демонстрационной панели изображена типовая испытательная схема, применяемая для снятия характеристик трехэлектродных ламп. Два вольтметра и два миллиамперметра измеряют анодные и сеточные напряжения и токи. Возможность испытания триодов различных серий обеспечена наличием отводов у источника питания нити накала на 2, 4 и 6,3 *в*. Испытательная ламповая панелька — пятиштырьковая. Лампы с другой цоколевкой вставляются с помощью переходных цоколей. В левой верхней части панели расположена черная доска с нанесенной белой краской координатной сеткой. Она служит для построения характеристик. Нить накала схематического обозначения триода вырезана, заклеена красным целлофаном и электрифицирована изнутри. Надпись на панели содержит следующий текст: «*Трехэлектродная лампа обладает свойством изменять силу тока в анодной цепи при изменении напряжения на управляющей сетке*».

Методика использования макета довольно разнообразна. На теоретических занятиях он применяется: 1) для демонстрации основных свойств триода (управление анодным током с помощью изменения сеточного напряжения, запирание лампы, ток насыщения, сеточный ток); 2) для снятия и демонстрации анодных и сеточных характеристик триода; 3) для пояснения некоторых параметров (крутизны характеристики, коэффициента усиления); 4) для тренировки обучаемых в снятии ламповых характеристик.

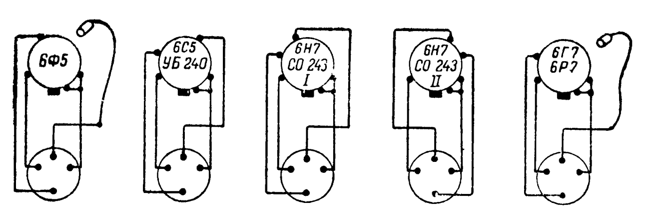
Кроме того, макет может применяться как измерительный прибор при практических работах.



Фиг. 7. Принципиальная схема действующего макета „Триод".

Принципиальная схема макета приведена на фиг. 7. Она отличается от демонстрационной только цепями питания. Лампочки *Л* служат для электрификации условного обозначения нити накала. Конденсатор *С* устраняет неприятную для глаз пульсацию стрелок приборов.

Изготовление макета. Наиболее ответственными деталями схемы являются сопротивления и потенциометры. Все они — проволочные. Потенциометр R_1 на 10 000 *ом* 1 *вт*, R_2—переменное сопротивление на 10 000 *ом* и ток 50 *ма*. Сопротивление R_3 изготовляется из реостатного провода диаметром 0,15—0,2 *мм* и величина его равна 1 000 *ом*. Сопротивления R_4 (5 000 *ом*) и R_5 (20 000 *ом*) наматываются проводом 0,1 *мм*. В качестве постоянных сопротивлений могут быть использованы остеклованные на ток 15 *ма* (R_4, R_5) и 100 *ма* (R_3). Конденсатор *С* — электролитический на 16—20 *мкф* 450 *в*. Кенотрон — типа ВО-188. Силовой трансформатор должен обладать мощностью 60—75 *вт* и давать указанные на схеме напряжения. Лампочки *Л* — на 2,5 *в* 0,07 *а*. Измерительные приборы — типа 4МШ со шкалами 50—0—50 *в* (V_1), 300 *в* (V_2), 25 *ма* (mA_1) и 50 *ма* (mA_2). В таком виде макет позволяет испытывать триоды УБ-152, УБ-107, УБ-110, СО-118, ПО-119, УО-186, УБ-240, СО-243, 6Ф5, 6С5, 6Г7, 6Р7, 6Н7. Последние 7 ламп включаются с помощью переходных колодок, схемы которых представлены на фиг. 8.



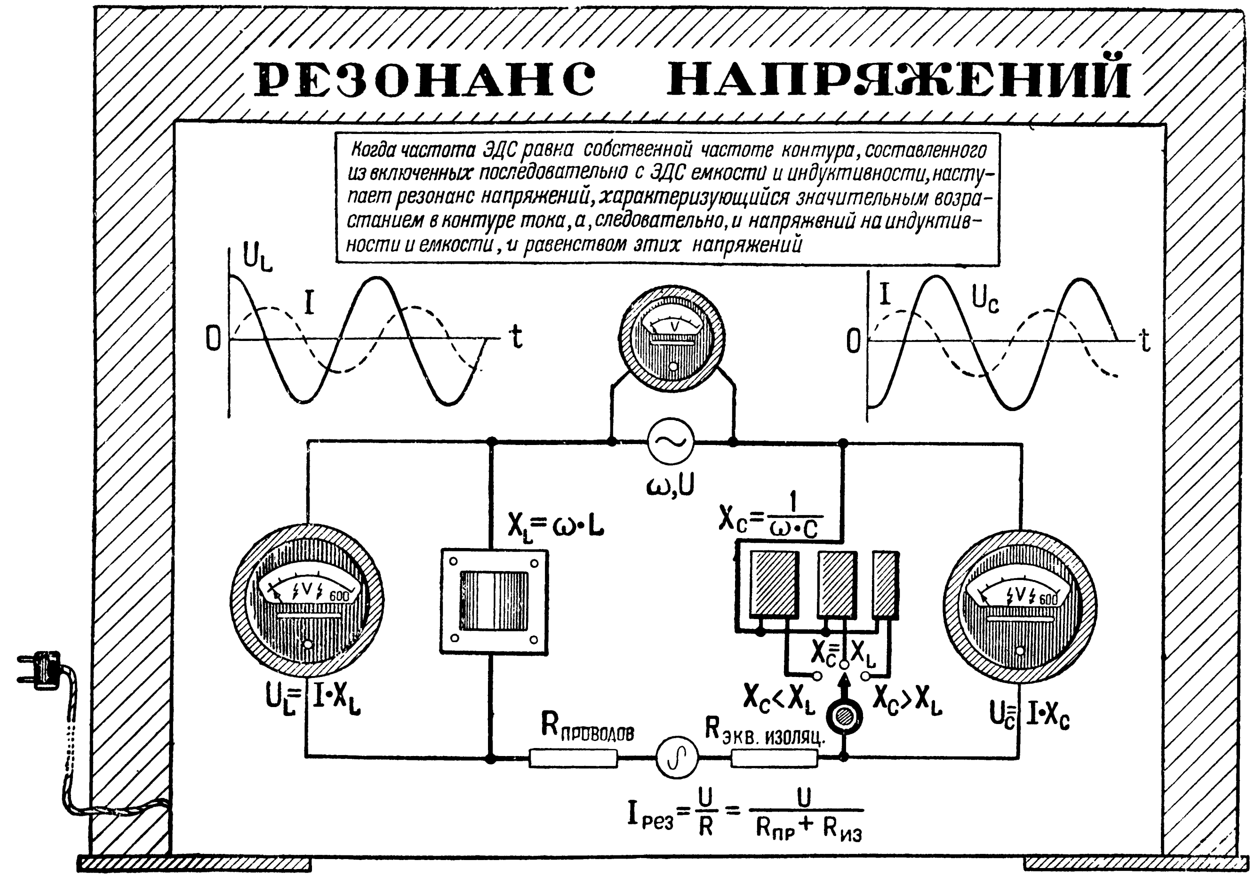
Фиг. 8. Схемы переходных колодок.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ „РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙ"

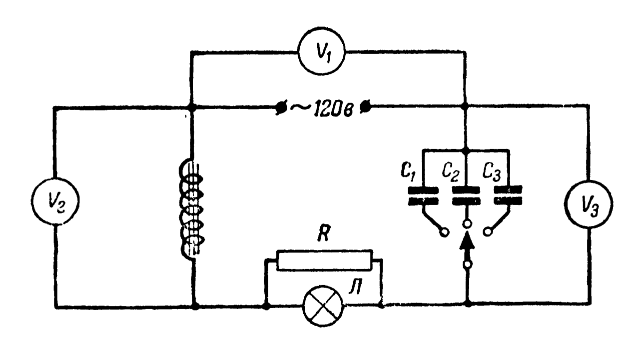
К действующим макетам 1-й группы кроме развернутых монтажей и испытательных схем относится еще ряд макетов, демонстрирующих с помощью простых измерительных приборов и индикаторов явления, имеющие место в некоторых радиосхемах. Такие схемы можно было бы собирать прямо на занятии из соответствующих наборов деталей. Однако, выполнение их в форме действующих макетов имеет известные причины и преследует вполне определенные цели. Во-первых, это не простейшие схемы, и сборка их на столе не обеспечит легкости чтения, особенно при числе обучаемых выше 8—10 человек. Во-вторых, это схемы, требующие ряда повторных демонстраций при изучении последующих разделов курса, и их неоднократная сборка будет отнимать много времени. В-третьих, выполнение этих схем в форме действующих макетов позволяет использовать специфические принципы демонстрации, повышающие наглядность (графические и математические пояснения, электрификация, сочетание с принциальной схемой и т. п.). Эти положения поясняют описание действующего макета «Резонанс напряжений».

Назначение этого макета заключается в демонстрации: 1) явления резонанса напряжений; 2) явлений, наблюдаемых при расстройке цепи *LC* в обе стороны от резонанса; 3) одного из методов достижения резонанса.

Внешний вид макета представлен на фиг. 9. На демонстрационной панели смонтированы: катушка индуктивности, 3 конденсатора с переключателем и лампочка (индикатор силы тока), составляющие относительно источника



Фиг. 9. Внешний вид действующего макета „Резонанс напряжений“.



Фиг. 10. Принципиальная схема действующего макета „Резонанс напряжений“.

переменного тока последовательную цепь. Вынесенные из деталей активное сопротивление провода $R_{пр}$ и активные потери в диэлектриках $R_{экв.из}$ обозначены схематически. К зажимам источника подключен вольтметр на 140 *в*, к индуктивности и емкости — два одинаковых вольтметра на 600 *в*. Схема пояснена математическими выражениями, вскрывающими основные зависимости в демонстрируемой цепи. Общие формулы выполнены, как и схема, темнокоричневой краской, формулы, относящиеся только к условию резонанса,—красной. Фазовые отношения в индуктивном и емкостном участках цепи пояснены двумя цветными графиками. Провода контура LC обозначены линиями стандартной толщины (7 *мм*), провода вольтметров — тонкими (3 *мм*). Текст надписи на панели: «*Когда частота э. д. с. равна собственной частоте контура, составленного из включенных последовательно с э. д. с. емкости и индуктивности, наступает резонанс напряжений, характеризующийся значительным возрастанием в контуре тока, а следовательно, и напряжений на индуктивности и емкости, и равенством этих напряжений*».

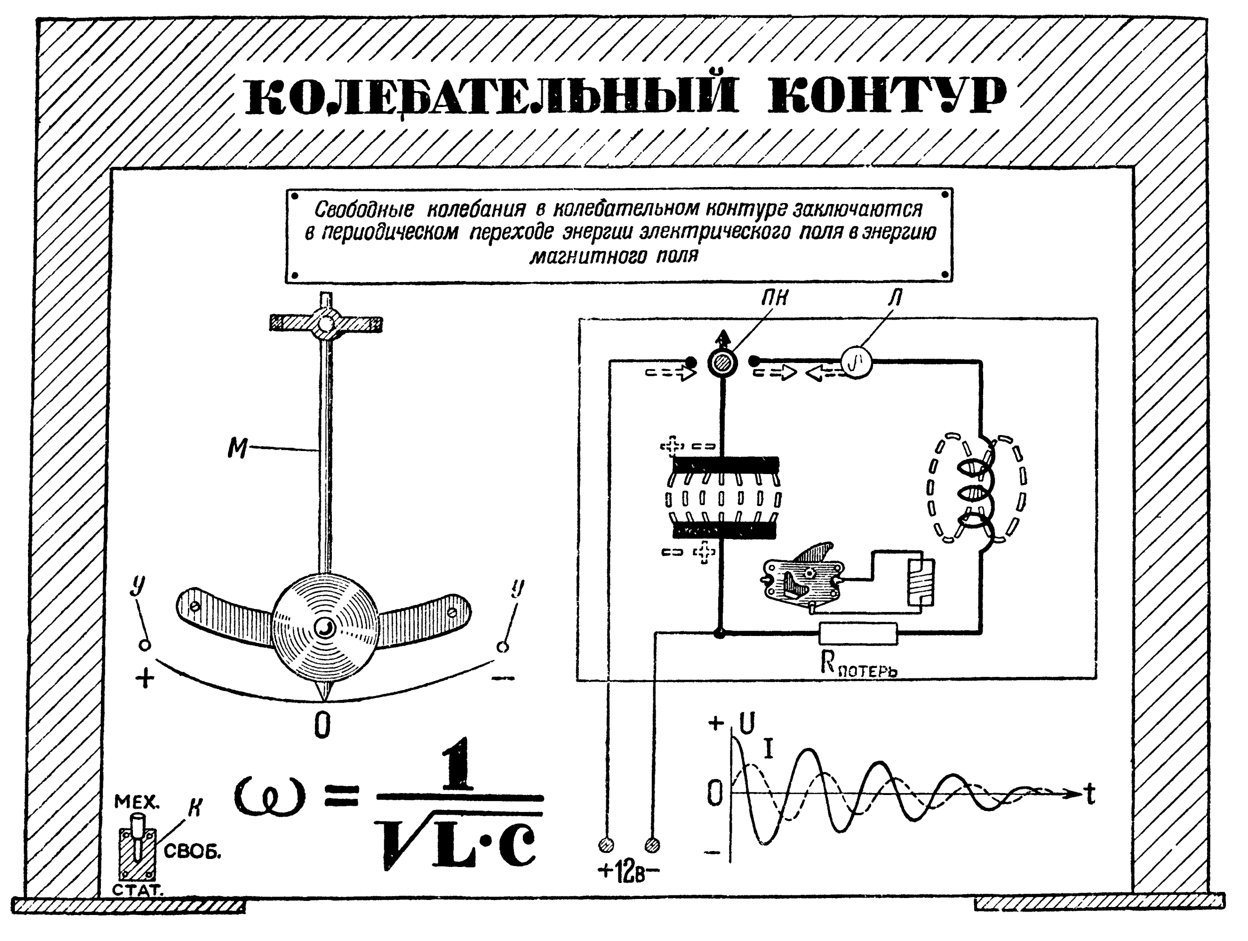
Краткие методические указания. При использовании макета на занятиях следует иметь в виду следующее:

1. Участки цепи с индуктивностью и емкостью, к которым подключены вольтметры U_L и U_C, представляются как чисто реактивные. Все активные потери обозначены эквивалентным последовательным сопротивлением R, имеющим величину значительно меньше реактивных составляющих сопротивления цепи, что позволяет при демонстрации работы схемы пренебречь его наличием в положениях $X_C > X_L$ и $X_C < X_L$. Этот прием облегчает усвоение происходящих в схеме явлений и математическое обоснование их.

2. Демонстрируя настройку цепи сменой конденсаторов, необходимо пояснить, что это лишь один из трех возможных способов достижения резонанса, ибо условие $X_C = X_L$ может быть выполнено при помощи изменения X_L, т. е. изменением индуктивности при постоянном конденсаторе, или изменением $\omega = 2\pi f$, т. е. частоты питающего источника, при постоянных L и C.

3. Впервые макет демонстрируется при изучении явления резонанса напряжений. В дальнейшем, при изучении различных радиосхем, он используется для пояснения работы последовательных колебательных контуров.

Принципиальная схема макета (фиг. 10) повторяет схему, представленную на демонстрационной панели. Сопротивление R обеспечивает нормальную силу тока, проходящего через лампочку $Л$.



$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Фиг. 11. Внешний вид действующего макета „Колебательный контур".

Сборка макета. Резонанс напряжений может быть получен при использовании в качестве индуктивности дросселя низкой частоты лишь с большим коэффициентом самоиндукции и малым активным сопротивлением обмотки (до 200 *ом*). Сечение железа его сердечника должно быть не менее 5—6 *см*². Вместо дросселя с успехом могут быть использованы первичные обмотки хороших выходных трансформаторов. Легче всего подобрать эту деталь непосредственно в рабочей схеме макета, собранной предварительно на столе. Применяя в качестве вольтметров V_2, V_3 приборы типа ЭН на 600 *в*, при хорошем дросселе удается получить резонансные напряжения до 500 *в* (напряжение питающей сети 110—127 *в*). Емкость резонансного конденсатора C_2, как правило, лежит в пределах 1—2,5 *мкф*. Конденсатор должен быть рассчитан на рабочее напряжение не ниже 750 *в*. Конденсаторы C_1 (12 *мкф*) и C_3 (0,1 *мкф*) могут быть взяты с низким рабочим напряжением (200—300 *в*). На демонстрационной панели укрепляются 3 декоративных конденсатора различных размеров, а рабочие конденсаторы C_1, C_2, C_3 помещаются внутри стойки. Выводы дросселя необходимо хорошо изолировать. Это делается с целью предотвращения возможности случайного прикосновения к высокому напряжению. Лампочка *Л* на 2,5 *в* 0,07 *а*. Величина шунтирующего сопротивления *R* лежит в пределах 5÷50 *ом* — в зависимости от силы тока при резонансе. Момент резонанса определяется равенством напряжений на дросселе и конденсаторе.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ-АНАЛОГИЯ „КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР"

Наглядная демонстрация свободных колебаний в реальных высокочастотных контурах весьма затруднена отсутствием достаточно простых средств, позволяющих воспринять быстро протекающие процессы и уяснить при этом их сущность. Поэтому был разработан специальный макет, основными принципами построения которого явились: 1) значительное замедление колебательного процесса (период колебаний порядка 1 сек.); 2) демонстрация электрического процесса в контуре в аналогии с механическими колебаниями маятника; 3) возможность статической демонстрации любых моментов колебательного процесса, что совершенно необходимо при обстоятельном устном пояснении.

Внешний вид этого макета представлен на фиг. 11. В левой части панели подвешен массивный маятник *М*. Справа укреплен лист матового целлулоида, на котором нарисована схема колебательного контура. В контур включена последовательно лампочка *Л* — индикатор силы тока. С помощью установленных внутри стойки лампочек, через находящиеся под целлулоидом фигурные вырезы в фанерной панели (на фиг. 11 они показаны пунктиром), производится электрификация силовых полей конденсатора и катушки, стрелок, указывающих направление тока, и значков полярности. Все эти индикаторы управляются с помощью органов, объединенных с осью маятника. Схематически изображенные конденсатор

и катушка индуктивности пояснены укрепленными рядом реальными деталями высокочастотного контура. Конденсатор снабжен переключателем *ПК*, позволяющим создавать ему зарядную и разрядную цепи. Ниже схемы контура на панели нанесен цветной график напряжения и силы тока, иллюстрирующий фазовые соотношения между ними и их затухающий характер. В левом нижнем углу находится ручка *К* ключа рода демонстрации.

Текст пояснительной надписи следующего содержания: *«Свободные колебания в колебательном контуре состоят в периодическом переходе энергии электрического поля в энергию магнитного поля и обратно».*

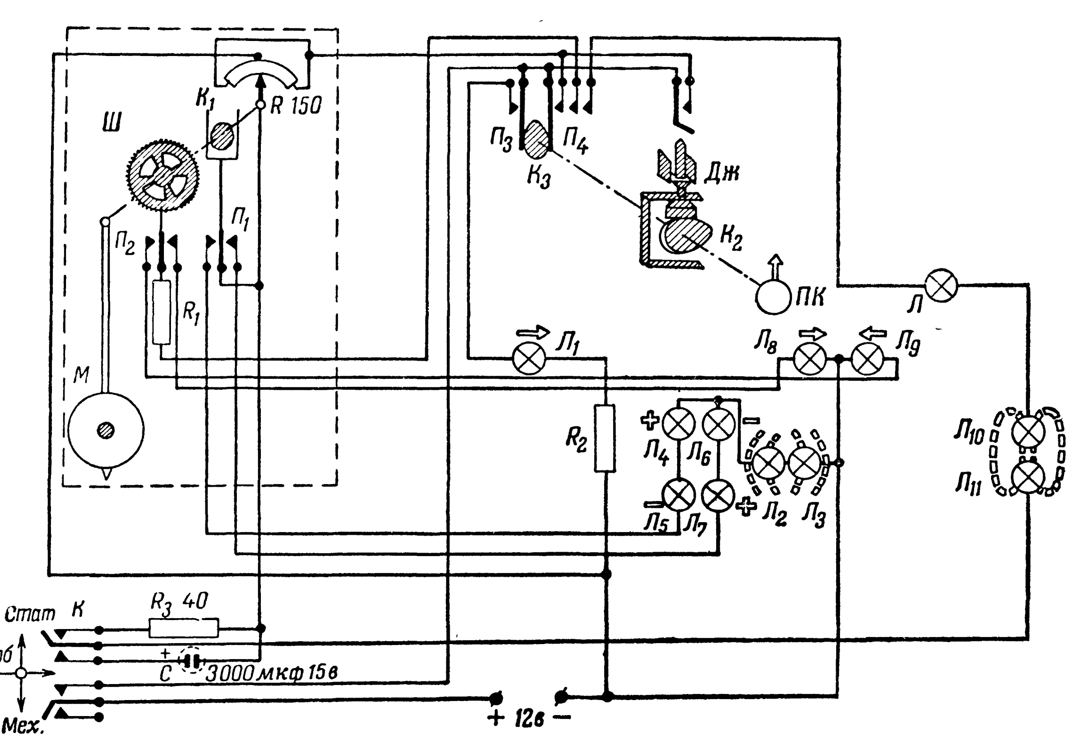
Методика использования макета. Наибольшая эффективность занятий по теме «Колебательный контур» с использованием описываемого макета достигается при следующей последовательности изучения материала.

1. Маятник — механическая колебательная система. Демонстрация свободных колебаний маятника на макете (ключ *К* в положении *«МЕХ»*). Объяснение свободных колебаний маятника как периодического перехода потенциальной энергии в кинетическую и обратно.

2. Объяснение затухающего характера свободных колебаний маятника наличием трения, создающего необратимые потери энергии. Демонстрация влияния трения на скорость затухания колебаний (дополнительное трение создается ввинчиванием ручки, укрепленной на диске маятника). Критическая величина трения, при которой не возникают периодические колебания.

3. Демонстрация независимости периода от амплитуды качания маятника.

4. Представление конденсатора как электрического прибора, способного накоплять в себе потенциальную энергию. Демонстрация сохранения конденсатором энергии, сообщенной ему при заряде (опыт ставится с помощью набора деталей по радиотехнике). Представление катушки индуктивности как электрического прибора, придающего свойство инерции проходящему через него току, т. е. способного накоплять в себе кинетическую энергию (демонстрируется с помощью действующего макета «Самоиндукция»).



Фиг. 12. Принципиально-монтажная схема действующего макета „Колебательный контур".

5. Колебательный контур — электрическая цепь, состоящая из емкости, индуктивности и активного сопротивления. Демонстрация принципиальной схемы и деталей замкнутого колебательного контура.

6. Объяснение схемы, позволяющей получить свободные колебания. Демонстрация свободных колебаний в контуре в аналогии с механическими колебаниями маятника (ключ *К* в положении *«СВОБ»*, переключатель *ПК* ставится в положение на заряд, маятник отводится влево до упора; затем переключатель *ПК* переводится в положение на катушку и маятник отпускается).

7. Обстоятельное объяснение протекающих в контуре процессов при демонстрации макета с установкой ключа *К* в положение *«СТАТ»* (теперь управление процессами в контуре производится произвольным передвижением маятника с остановками его в необходимых положениях).

8. Объяснение затухания колебательного процесса в контуре в аналогии с вопросами, перечисленными в п. 2 (активные потери — трение). Демонстрации проводятся тем же порядком, но ключ *К* устанавливается в положение *«СВОБ»*.

9. Объяснение графического изображения колебательного процесса. Сдвиг фаз между током и напряжением.

10. Формула Томпсона. Независимость периода собственных колебаний от амплитуды.

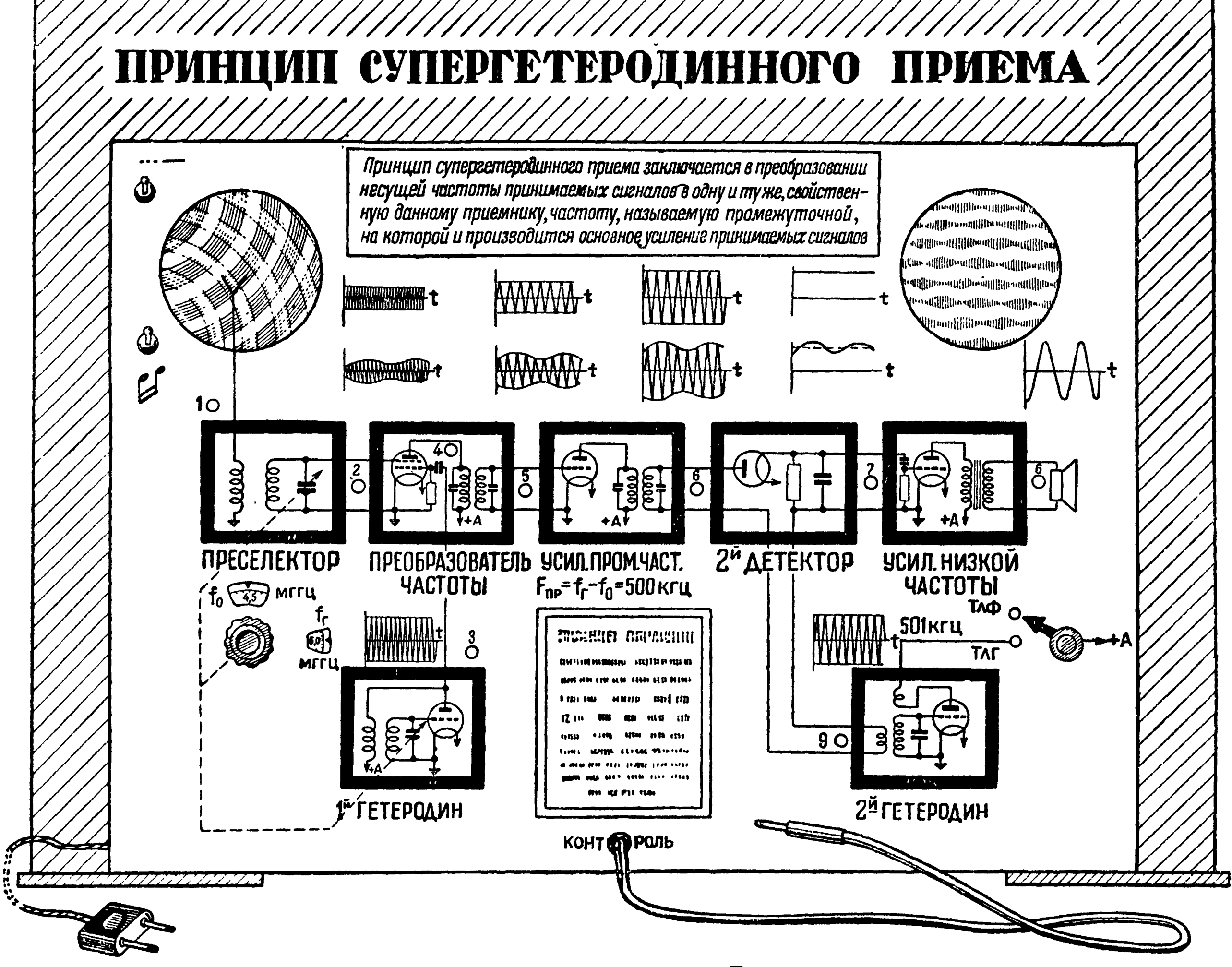
Вынужденные колебания, резонансная кривая, добротность контура изучаются с помощью макетов «Резонанс колебательных си-

стем», «Резонанс токов» и «Резонанс напряжений».

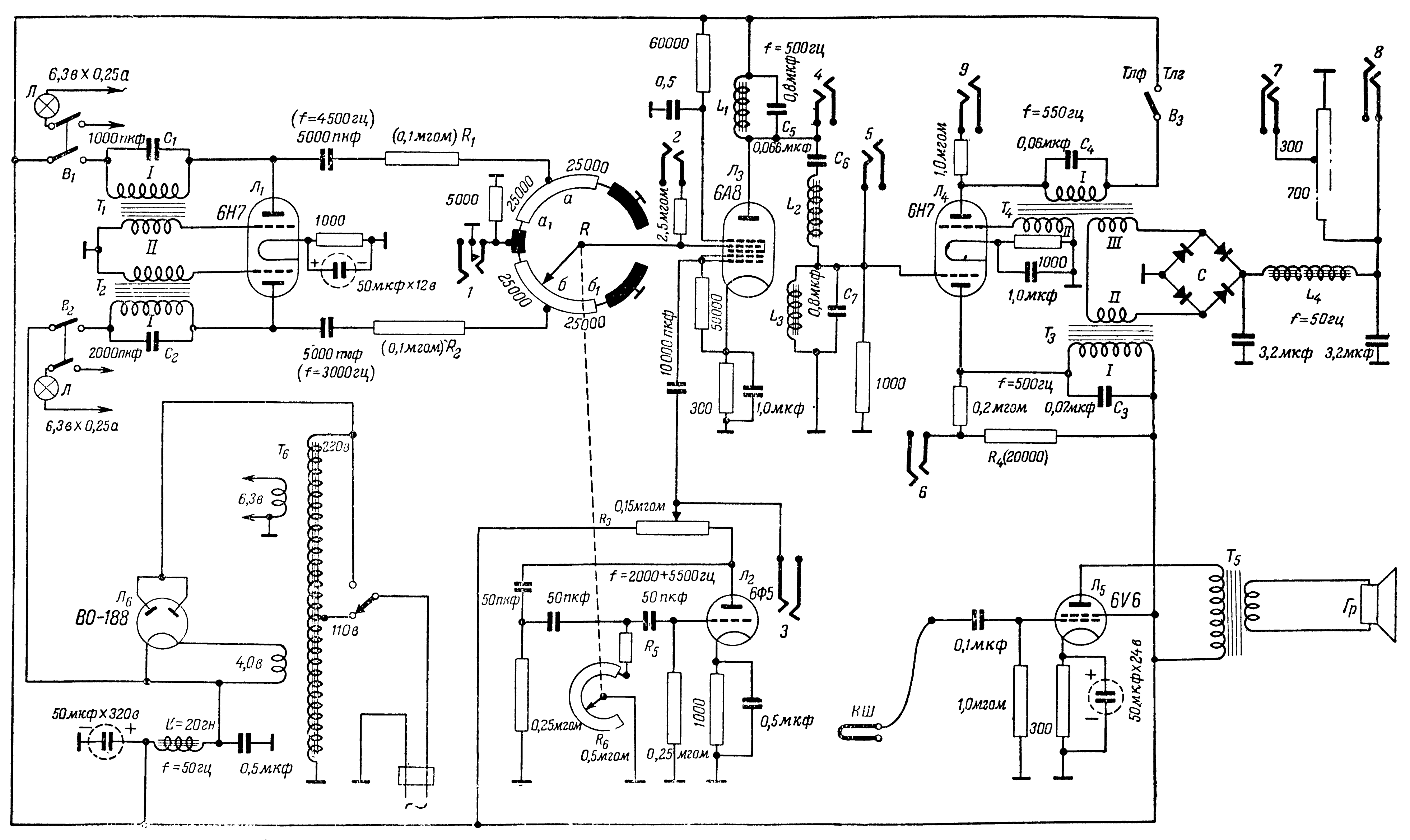
Устройство макета представлено на принципиально-монтажной схеме фиг. 12. На оси маятника находятся: ползунок потенциометра *R*, кулачок $К_1$, шестерня *Ш*. Потенциометр управляет яркостью свечения лампочек ($Л_2$, $Л_3$, $Л_{10}$, $Л_{11}$), электрифицирующих силовые поля и знаки полярности ($Л_4$—$Л_7$), а также яркостью свечения лампочки *Л* — индикатора силы тока. При прохождении маятником положения равновесия кулачок $К_1$ перекидывает среднюю пружину контактной группы $П_1$ и сменяет электрифицированные знаки полярности на пластинах конденсатора. Шестерня *Ш* отклоняет в зависимости от направления движения маятника среднюю пружину контактной группы $П_2$ в ту или иную сторону и переключает лампочки $Л_8$, $Л_9$, указывающие направление тока в контуре. Переключатель *ПК*, объединяющий в себе кулачок $К_2$ с джеком и кулачок $К_3$ с пружинами $П_3$, $П_4$, производит коммутации, необходимые для показа заряда и разряда конденсатора.

Ключ *К* (типа *И*) рода демонстрации в демонстрационную схему не введен. В положении *«МЕХ»* он выключает питание электрической схемы макета. В положении *«СВОБ»* он подает питание на всю схему, причем лампочки *Л*, $Л_{10}$ и $Л_{11}$ подключаются к потенциометру через конденсатор с большой емкостью В связи с этим сила тока в них и яркость свечения оказываются пропорциональными скорости движения маятника. В положении *«СТАТ»* конденсатор *С* заменяется сопротивлением R_3, и яркость свечения этих лампочек определяется только положением маятника.

Принцип сборки макета ясен из фиг. 12. Остается пояснить устройство механической части блока маятника (на фиг. 12 обведен пунктиром). Сам маятник имеет длину 250 *мм* и весит 700 *г*. В центре его диска имеется нарезанное отверстие, через которое пропущен винт. С внешней стороны винт снабжен эбонитовой головкой от зажима, сзади — войлочной подушечкой. При ввинчивании винта войлочная подушечка прижимается к укрепленной на панели макета стальной полоске и создает дополнительное трение. Дуга качания маятника ограничена упорами *У* (см. фиг. 11) до 60°. На оси маятник закреплен жестко. Ось находится в конусных подшипниках. Текстолитовая шестерня *Ш* с 360 зубцами имеет диаметр 115 *мм*. Средняя пружина контактной группы $П_2$ при вращении шестерни должна отклоняться на 2 зубца от нейтрального положения и давать надежный контакт с любой из боковых пружин при отклонении на 1 зубец. Если применяется металлическая шестерня, необходимо ее изолировать от ползунка потенциометра *R*. Подковка потенциометра наматывается реостатным проводом диаметром 0,15 *мм*. У середины подковки намотка производится несколько гуще, к краям — реже. Кулачки $К_1$, $К_2$ и $К_3$ — эбонитовые. Весь блок маятника смонтирован на 15-*мм* доске, подло-



Фиг. 13. Внешний вид действующего макета „Принцип супергетеродинного приема".



Фиг. 14. Принципиальная схема действующего макета „Принцип супергетеродинного приема".

женной под фанерную панель и прикрепленной к стенкам короба стойки.

Все лампочки, применяемые в макете, однотипные: на 2,5 *в* $\times$ 0,07 *а*. Сопротивления $R_1 = R_2 = 120$ *ом* на ток 70 *ма*.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ „ПРИНЦИП СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ПРИЕМА"

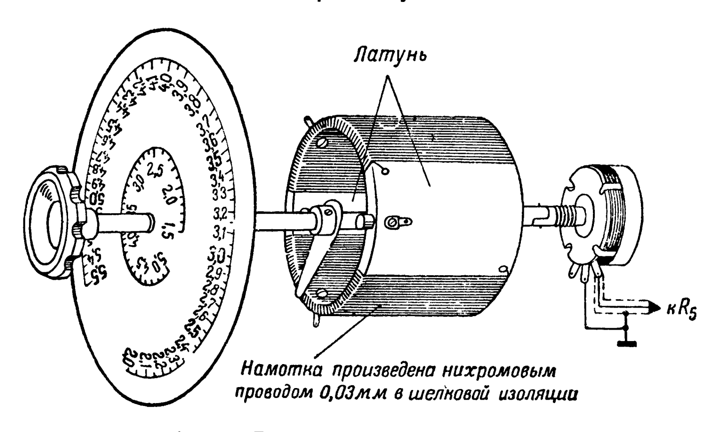
Своеобразный метод аналогии заключается в демонстрации на низких частотах процессов, протекающих в высокочастотных цепях. Применение его в целом ряде действующих макетов значительно упрощает испытательно-измерительную аппаратуру, служащую для демонстрации явлений, повышает наглядность демонстрации, удешевляет конструкцию макета и облегчает его выполнение и налаживание. Действующий макет «Принцип супергетеродинного приема» демонстрирует работу супергетеродина, рабочие частоты которого уменьшены в тысячу раз по сравнению с реальными, т. е. переведены в область звукового спектра. Подключая громкоговоритель к различным цепям такого супера, можно наглядно иллюстрировать все основные процессы и явления, протекающие в обычном супергетеродинном приемнике.

Внешний вид макета представлен на фиг. 13. В левом верхнем углу панели находятся два выключателя, включающих телеграфный и телефонный «передатчики» с различными несущими. На расположенном рядом с ними голубом целлулоидном экране электрифицируются «радиоволны» этих станций, пересекающие антенну приемника. Далее изображена скелетная схема супергетеродина в сочетании с элементарной принципиальной схемой. Настройка преселектора и 1-го гетеродина осуществляется выведенной наружу ручкой конденсатора. На ее оси находятся шкалы частот, проходящие под вырезанными в панели окошечками. 2-й гетеродин снабжен переключателем, осуществляющим переход с телефонного режима приема («ТЛФ») на прием незатухающих сигналов («ТЛГ»). Схема пояснена графиками. Девять двухпроводных гнезд *1-9* позволяют включать громкоговоритель, установленный в правом верхнем углу панели, в различные цепи приемника. Вверху панели помещен текст, кратко формулирующий принцип работы супергетеродина: *«Принцип супергетеродинного приема заключается в преобразовании несущей частоты принимаемых сигналов в одну и ту же свойственную данному приемнику частоту, называемую промежуточной, на которой и производится основное усиление принимаемых сигналов»*.

Краткие методические указания. Демонстрация макета производится в следующем порядке: 1) объяснение скелетной схемы супергетеродина и назначение его отдельных блоков; 2) пояснение устройства макета и причин демонстрации на звуковых частотах; 3) демонстрация работы схемы (прослушивание сигналов в цепи антенны, работа преселектора, объединенное управление преселектором и 1-м гетеродином, появление комбинационных частот в анодной цепи смесителя, работа фильтра промежуточной частоты, усиление промежуточной частоты, детектирование модулированного сигнала, детектирование незатухающих колебаний с помощью 2-го гетеродина, усиление низкой частоты); 4) достоинства и недостатки супергетеродинного приема, демонстрация приема по зеркальному каналу.

Изучение и демонстрации физических процессов в каскадах и отдельных цепях производятся с помощью других макетов.

Принципиальная схема макета (фиг. 14) отличается относительной сложностью по сравнению со схемами других действующих макетов. Однако, она значительно проще схем, осуществляющих тождественные демонстрации на высокой частоте. Работает схема следующим образом. Лампочки *Л* электрифицируют изображения радиоволн. Включаются они выключателями B_1 и B_2, подающими в то же время анодное питание двум низкочастотным генераторам, собранным на двойном триоде типа 6Н7 ($Л_1$). Верхний (на схеме) триод генерирует частоту 4 500 *гц* и выполняет функции передатчика незатухающих сигналов. Нижний триод имитирует передатчик с амплитудной модуляцией. Его «несущая» частота — 3 000 *гц*, модуляционная—50 *гц*. Модуляция осуществляется пульсирующим анодным напряжением, взятым от однополупериодного выпрямителя до фильтра. Колебания обоих генераторов подаются на потенциометр *R* специальной конструкции, выполняющий функции преселектора. Его ползунок объединен на одной оси с ползунком реостата 1-го гетеродина. Последний выполнен по схеме генератора *RC* с трехзвенным фазирующим четырехполюсником. Частота этого генератора изменяется в пределах 2 000 ÷ 5 500 *гц* и подается на первую управляющую сетку лампы смесителя $Л_3$ типа 6А8. На ее вторую управляющую сетку поступает напряжение с ползунка потенциометра *R*. Анодной нагрузкой смесителя является П-образный полосовой фильтр, настроенный на частоту 500 *гц*. Дальше стоит трансформаторный усилитель этой «промежуточной» частоты (нижний триод лампы $Л_4$ типа 6Н7). Первичная обмотка анодного трансформатора также настроена на частоту 500 *гц* конденсатором C_3. Вторичная обмотка питает селеновый выпрямитель, являющийся вторым детектором. В нагрузочную цепь его введен фильтр нижних частот, пропускающий только «низкую» частоту—частоту модуляции (50 *гц*). Для слухового приема незатухающих сигналов служит 2-й гетеродин, работающий на другом триоде лампы $Л_4$. Его частота (550 *гц*) вводится в детекторную цепь с помощью обмотки *III* генераторного трансформатора T_4 и создает биения с промежуточной частотой.



Фиг. 15. Агрегат настройки.

Данные трансформаторов и дросселей

	L_1, L_3	L_2	L_4	T_1, T_2, T_3, T_4			T_5	
				I	II	III	I	II
Индуктивность	132 *мгн*	1,6 *гн*	6,4 *гн*					
Количество витков	615	2 150	4 300	2 000	600	450	4 800	100
Провод ПЭ, ⌀	0,3	0,18	0,1	0,12	0,12	0,12	0,16	1,1
Железо	Ш 12, набор 12 *мм* с зазором 0,15 *мм*						Ш25, набор 40 *мм* с зазором 0,15 *мм*	

Примечания: 1. Обмоткой III снабжается только трансформатор T_4.
2. Трансформатор T_5 рассчитан под динамик с сопротивлением звуковой катушки 2 *ом*.

Эффект усиления по низкой частоте получен на гнездах *7*, *8* за счет секционирования нагрузочного сопротивления детектора. Однокаскадный усилитель на лампе 6V6 ($Л_5$) вместе с динамиком *Гр* составляют блок контроля, обладающий большим входным сопротивлением. Питается макет от сети переменного тока 110/220 *в* с помощью выпрямителя на лампе ВО-188 ($Л_6$).

Сборка и налаживание макета. Самодельные детали (потенциометр, трансформаторы и дроссели) изготовляются по данным, приведенным на фиг. 15 и в таблице. Художественное оформление стойки производится до монтажа электрической схемы. Принципиальная схема рисуется тонкими линиями черной краской, все прочие изображения и подписи—коричневой. На демонстрационной панели укрепляются контрольные гнезда *1—9*, выключатели B_1 и B_2, целлулоидный экран с лампочками *Л*, переключатель B_3 и агрегат настройки (фиг. 15). Весь остальной монтаж выполняется на отдельном металлическом шасси. После установки шасси внутри стойки и подсоединения вынесенных на демонстрационную панель деталей производится налаживание схемы. Передвинув ползунок потенциометра R_3 к концу подковки, поданному на анод лампы 6Ф5 ($Л_2$), подбирают минимальную величину сопротивления R_5, при которой получается устойчивое самовозбуждение 1-го гетеродина по всему диапазону (контроль осуществляется включением штепселя *КШ* в гнездо *3*). Затем блок контроля используется как высокоомный вольтметр переменного тока, для чего к первичной обмотке трансформатора T_5 подключается обычный измеритель выхода через бумажный конденсатор емкостью 0,1 *мкф*. Включив штепсель блока в гнездо *5*, подбором конденсаторов C_1 и C_2 добиваются сопряжения частот «передатчиков» и гетеродина. Наличие сопряжения подтверждается максимальными показаниями прибора при установках ползунка потенциометра *R* в точках *а*, *б* и наличием слабого «зеркального приема» при установках ползунка в точках $а_1$, $б_1$. Амплитуду колебаний, подводимых от гетеродина к смесителю, уменьшают потенциометром R_3 до тех пор, пока напряжение промежуточной частоты не снизится на 10—15%. Добиваясь максимального напряжения на гнезде *6*, настраивают первичную обмотку трансформатора T_3 в резонанс с анодным фильтром смесителя. Резонанс достигается подбором конденсатора C_3. Частота 2-го гетеродина подгоняется емкостью конденсатора C_4. При точной настройке второго гетеродина высота наиболее громкого тона на гнездах *7*, *8* совпадает с тоном модуляции телефонного передатчика. Окончив настройку контуров, следует подобрать величины сопротивлений R_1, R_2, R_4, которые обеспечат возрастание уровня сигнала при последовательном прослушивании его на гнездах *2*, *5*, *6*. Необходимость описанной выше подгонки ряда деталей вызвана, в основном, неоднородностью реостатов и потенциометров, применяемых в агрегате настройки. Особое внимание надо обратить на точность параметров деталей полосового фильтра (L_1, L_2 L_3, C_5, C_6, C_7). При наличии звукового генератора следует произвести практическую настройку этой цепи на частоту 500 *гц*.

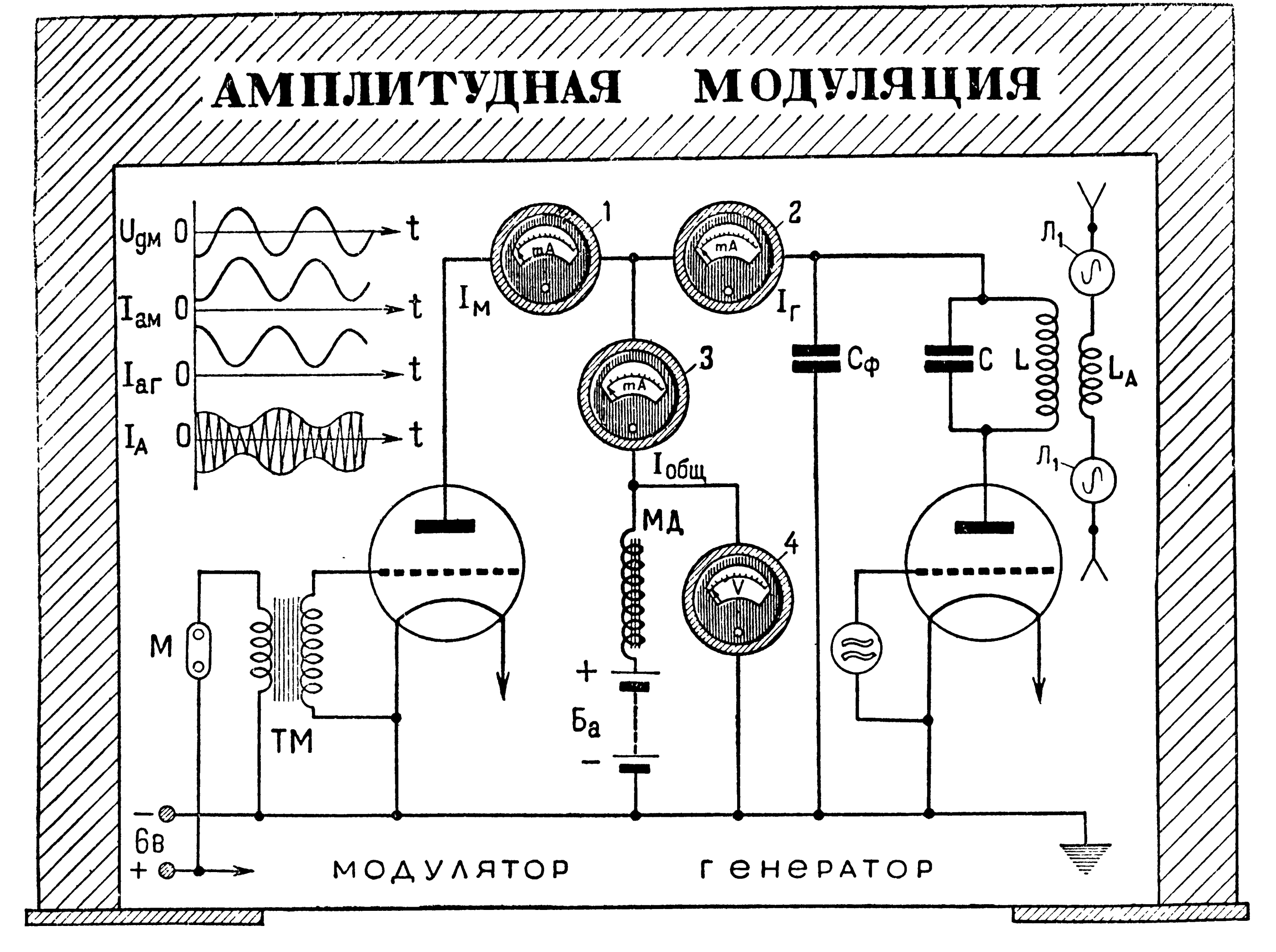
ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ „АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ"

Этот макет освещает явления, происходящие в передатчике при модуляции. Наглядность демонстрации достигается применением искусственной монтажной схемы, позволяющей производить модуляцию при очень медленных колебаниях модулирующего напряжения, вызываемых простым нажатием на мембрану микрофона.

Внешний вид макета представлен на фиг. 16. На демонстрационной панели изображена схема телефонного радиопередатчика с анодной модуляцией.

Возбудитель питающего антенну генератора обозначен условно кружком с двумя электрифицированными синусоидами. В анодных цепях модулятора и генератора включено по миллиамперметру (на фиг. 16, *1*, *2*). В общей цепи обоих каскадов последовательно с модуляционным дросселем введен третий миллиамперметр *3*. Вольтметр *4* измеряет анодное напряжение, питающее генератор. В цепи антенны и противовеса включены индикаторы силы высокочастотного тока — лампочки $Л_1$. В цепи первичной обмотки микрофонного трансформатора имеются гнезда *М* для включения микрофона и зажимы для подключения источника питания. В левой верхней части панели нарисованы графики, поясняющие физические процессы в цепях передатчика. Принципиальная схема выполнена двумя цветами: голубым (модуляторный каскад) и лиловым (генератор). Координатные оси графиков и все подписи нарисованы темнокоричневой краской, графики напряжений—красной, графики токов—зеленой.

При отсутствии развернутых монтажей телефонных передатчиков условные обозначе-

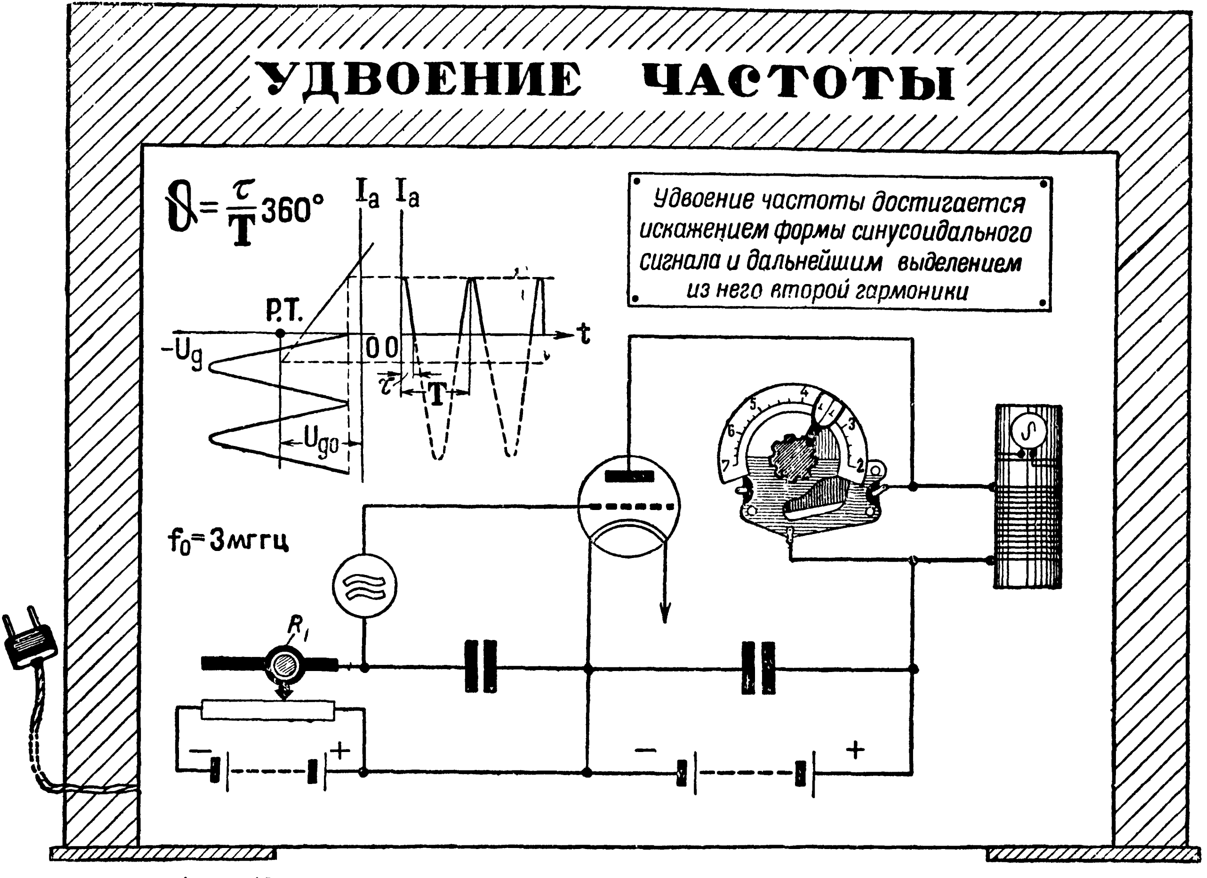


Фиг. 16. Внешний вид действующего макета „Амплитудная модуляция".

ния основных деталей модулятора (*МД*, *ТМ*) следует пояснить реальными деталями.

Демонстрация макета. После объяснения схемы, представленной на панели макета, и ее деталей, к зажимам подключают, соблюдая указанную полярность, шестивольтовый аккумулятор или батарею гальванических элементов. При этом появляются анодные токи ламп, начинает работать возбудитель, в антенной цепи возникает ток высокой частоты (несущая). Включив в гнезда *М* микрофон диспетчерского типа[1], произносят перед ним громкое *«А»*. Изменение яркости свечения индикаторных лампочек свидетельствует об изменении амплитуды высокочастотных колебаний, т. е. о наличии амплитудной модуляции. Чтобы проследить происходящие в передатчике процессы, модуляцию начинают производить, нажимая и отпуская мембрану микрофона пальцем. В построенном макете при увеличении давления на мембрану анодный ток модулятора уменьшается. Однако, модуляционный дроссель *МД*, обладающий большой индуктивностью, стремится поддержать силу проходящего через него тока неизменной. В то время как миллиамперметр *1* отмечает значительное уменьшение тока модулятора, миллиамперметр *3* указывает на небольшое изменение силы тока в цепи дросселя. Увеличившиеся показания миллиамперметра *2* говорят о том, что образовавшийся излишек тока ответвился в анодную цепь генератора. Это, в свою очередь, приводит к увеличению амплитуды генерируемых колебаний высокой частоты (лампочки в цепи антенны загорелись ярче). При отпускании мембраны микрофона наблюдаются обратные явления. Ток модулятора резко возрастает. Ток в дросселе увеличивается на малую величину. Ток генератора падает и амплитуда высокочастотных колебаний уменьшается. Причина этих перераспределений токов кроется в модуляционном дросселе. Обращаясь к свойствам катушки индуктивности (они могут быть продемонстрированы с помощью действующего макета «Самоиндукция»), напоминаем, что всякое изменение силы тока в ней порождает э. д. с. самоиндукции, препятствующую этому изменению. Поэтому, когда анодный ток модулятора уменьшается (нажимаем на мембрану), в дросселе возникает э. д. с. самоиндукции того же направления, что и э. д. с. анодной батареи. Эта дополнительная э. д. с. увеличивает прикладываемое к анодам обеих ламп напряжение (наблюдать по вольтметру *4*). Увеличение напряжения на аноде генераторной лампы приводит к возрастанию ее анодного тока и амплитуды генерируемых ею колебаний. Когда же анодный ток модулятора увеличивается (отпускаем мембрану), в дросселе возникает э. д. с., направленная навстречу э. д. с. анодной батареи, снижающая анодное напряжение генератора. В результате его анодный ток уменьшается, снижается амплитуда колебаний высокой частоты.

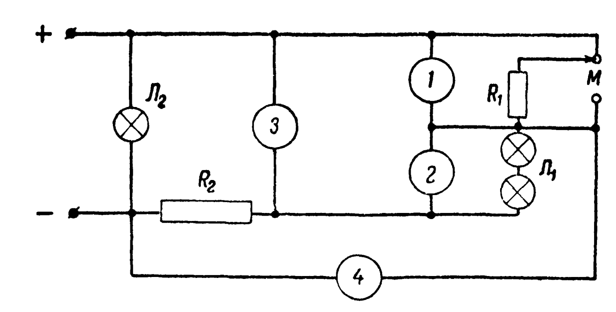
[1] Во все время демонстрации микрофон необходимо держать вертикально.



Фиг. 18. Внешний вид действующего макета „Удвоение частоты"

После этого объяснения изучаемый процесс иллюстрируется графиками с повторной демонстрацией работы макета.

Устройство макета. Принципиальная схема макета (фиг. 17) исключительно проста. Кроме выведенных наружу индикаторов она содержит лишь 2 проволочных сопротивления. Лампочка $Л_2$ служит для подсвечивания синусоид в условном обозначении возбудителя. Все приборы макета — вольтметры на 6 *в* с перерисованными шкалами. У приборов *1, 2, 3* рисуются шкалы на 60 *ма*, у прибора 4—на 300 *в*. Гнезда *М* автоматические. При выключении микрофона их пружины подключают сопротивление R_1, устанавливающее баланс токов модулятора и генератора.



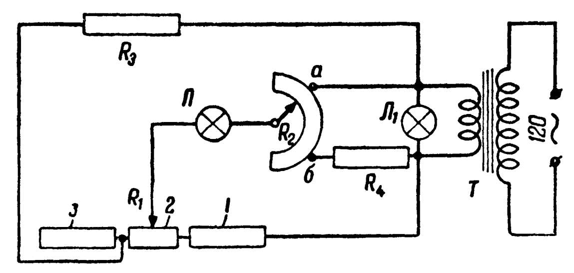
Фиг. 17. Принципиальная схема действующего макета „Амплитудная модуляция".

Данные деталей схемы следующие: $Л_1$ — лампочки на 2,5 *в*, 0,06 — 0,075 *ма*; $Л_2$ — на 6,3 *в*, 0,25 *а*; R_1 = 50 *ом*; R_2 = 30 *ом*.

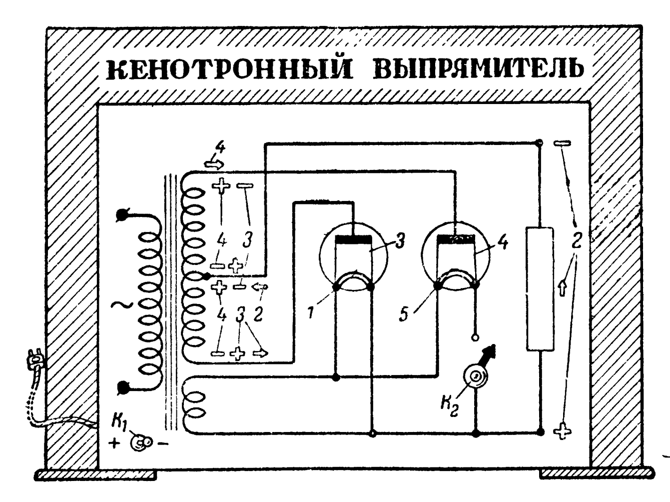
ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ „УДВОЕНИЕ ЧАСТОТЫ"

В коротковолновых передатчиках широко применяется удвоение частоты, основанное на использовании нелинейности ламповых характеристик. Этот процесс подтверждается математическим анализом. Однако, подобный метод изучения не доступен для широких масс коротковолновиков и радистов-операторов, не владеющих основами высшей математики. В этих случаях необходимо специальное наглядное пособие, доказывающее возможность удвоения частоты и демонстрирующее способ его получения. Таким пособием является действующий макет «Удвоение частоты».

Внешний вид макета изображен на фиг. 18. На панели представлена схема усилительного каскада радиопередатчика. Задающий генератор, возбуждающий этот каскад, обозначен условно кружком с двумя электрифицированными синусоидами. Рядом с его условным обозначением подписана частота генерируемых им колебаний (f_0 = 3 *мггц*). Напряжение сеточного смещения снимается с потенциометра R_1 и может регулироваться. В анодную цепь включен колебательный контур. Его переменный конденсатор снабжен шкалой частот (2—7 *мггц*). На каркасе контурной катушки укреплена индикаторная лампочка *Л*, индуктивно связанная с контуром. На панели нарисован график, поясняющий режим работы удвоителя, а также помещено математи-



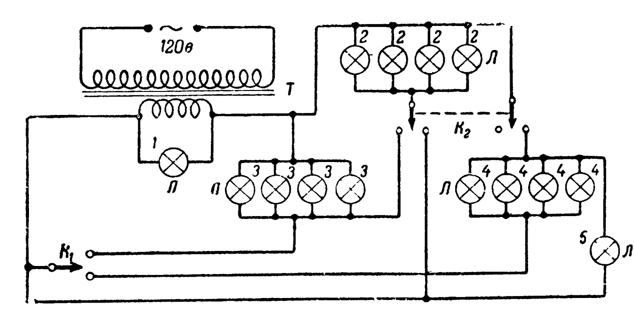
Фиг. 19. Принципиальная схема действующего макета „Удвоение частоты".



Фиг. 20. Внешний вид действующего макета „Кенотронный выпрямитель".

ческое выражение угла отсечки ϑ. Текст надписи следующий: *«Удвоение частоты достигается искажением формы синусоидального сигнала и дальнейшим выделением из него второй гармоники»*.

Краткие методические указания. До начала демонстрации макета желательно ознакомить обучаемых с физическим смыслом теоремы Фурье, тем более что понимание ее чрезвычайно важно и для уяснения целого ряда других вопросов радиотехники. Демонстрацию следует начинать с показа режима усиления. На управляющую сетку подается небольшое отрицательное смещение. В анодном контуре возникают колебания только на основной частоте — частоте задающего генератора (3 *мггц*). Увеличивая напряжение смещения, наблюдаем снижение мощности на основной частоте и появление второй гармоники (6 *мггц*). Затем демонстрируют существование оптимального сеточного смещения, при котором достигается наибольшая амплитуда 2-й гармоники в анодном токе лампы. Вводя понятие об угле отсечки, сообщают его значение, при котором достигается максимальный процент содержания второй гармоники (при $\vartheta = 60°$ около 30% $I_{a\,max}$). В заключение демонстрации макета показывают необходимость увеличения напряжения раскачки при переходе из режима усиления в режим удвоения.



Фиг. 21. Принципиальная схема действующего макета „Кенотронный выпрямитель".

Принципиальная схема макета, основанная на использовании искусственных методов имитации, довольно проста (фиг. 19). Потенциометр R_1 обеспечивает необходимые изменения яркости свечения лампочки $Л$, соответствующие реальным изменениям силы тока в контуре при различных напряжениях сеточного смещения. Потенциометр R_2 имитирует настройку колебательного контура на основную и удвоенную частоту. Сопротивление R_4 уменьшает силу тока в лампочке при настройке на удвоенную частоту. Лампочка $Л_1$ электрифицирует условное обозначение задающего генератора в демонстрационной схеме. Трансформатор T осуществляет питание схемы от сети переменного тока.

Сборка макета. Основой для намотки потенциометра R_1 служит стержень или трубка диаметром 10—15 *мм* и длиной 100 *мм* из любого изоляционного материала. Секция *1* наматывается голым медным проводом 0,4—0,5 *мм*. Секция *2* должна обладать сопротивлением 4 *ом*. Она выполняется никелиновым проводом 0,4—0,5 *мм*. Намотка секции *3*, с сопротивлением 70 *ом*, производится реостатным проводом диаметром 0,12 *мм*. Потенциометр R_2 изготовляется на подковке. Дуга намотки составляет 180°. Полное сопротивление ее—600 *ом*. Намоточный провод (желательно нихром) диаметром 0,1 *мм*. Ось ползунка этого потенциометра сопрягается с осью переменного конденсатора, установленного снаружи. Отвод *а* делается в той точке подковки, на которой стоит ползунок при настройке контура на основную частоту, *б* — на удвоенную. Сопротивление R_3—4 *ом* на ток 0,5 *а*; R_4 — 15 *ом* на ток 0,1 *а*. Лампочки $Л$ и $Л_1$— на 2,5 *в* 0,07 *а* Трансформатор T, понижающий напряжение сети до 3 *в*, должен обеспечивать ток в цепи вторичной обмотки 0,5 *а*.

Художественное оформление макета производится в соответствии с общими принципами выполнения действующих макетов.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ „КЕНОТРОННЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ"

Макет наглядно демонстрирует токопрохождение в схемах одно- и двухполупериодного выпрямителя. На панели (фиг. 20) изображена принципиальная схема выпрямителя с двумя одноанодными кенотронами. Накал одного из них может выключаться. При этом получается схема однополупериодного выпрямления. В схему введены электрифицированные знаки «+», «—» и стрелки, указывающие направление тока. Условно электрифицированы нити накала кенотронов и их электронные потоки. Управление макетом производится с помощью выключателя K_1, установленного в левом нижнем углу панели макета. Принципиальная схема монтажа макета представлена на фиг. 21. Лампочки на ней отмечены теми же номерами, что и электрифицируемые ими изображения на фиг. 20.

МАКЕТ-ПЛАКАТЫ

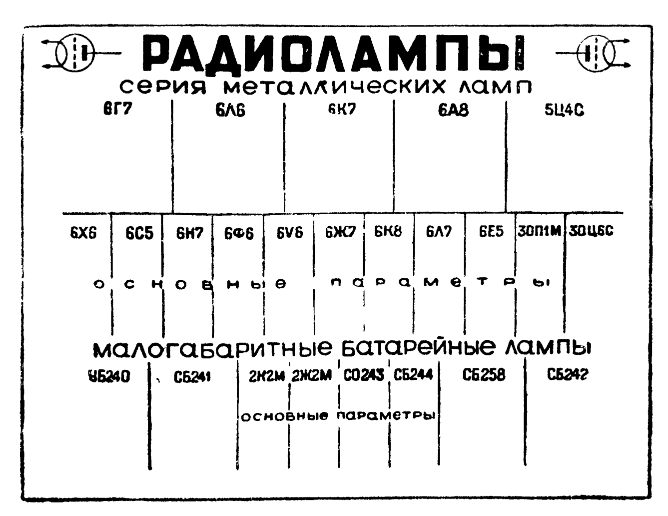
Макет-плакаты широко распространены среди радиокружков в виде щитов с образцами радиодеталей. Однако, из-за недостаточно внимательного отношения к их разработке большое количество этих пособий оказывается неинтересным по форме и пустым по содержанию. При разработке макет-плакатов, конкретные варианты выполнения которых могут быть весьма различными, необходимо соблюдение ряда принципов, повышающих методические качества пособий. Эти



Фиг. 22. Внешний вид макет-плаката „Сопротивления".



Фиг. 23. Внешний вид макет-плаката „Конденсаторы".



Фиг. 24. Внешний вид макет-плаката „Радиолампы“.

принципы иллюстрируются на примере макет-плакатов описываемого комплекта пособий.

В комплект входит серия макет-плакатов: «Проводники и изоляторы», «Сопротивления», «Химические источники тока», «Электромагниты», «Индуктивности», «Конденсаторы» и «Радиолампы». Все они выполнены на одинаковых щитах размером 1 250 $\times$ 950 *мм*, покрытых белой бумагой.

Содержание. Каждый макет-плакат, независимо от того, каким деталям он посвящен, дает систематизацию их разновидностей, демонстрирует их внешний вид и устройство, содержит важнейший справочный материал. Последний отражает следующие вопросы: 1) данные и параметры демонстрируемых деталей; 2) их схематические обозначения; 3) схемы использования и 4) основные расчетные формулы.

Форма. Размещение материала на щите и способы демонстрации различных вопросов определяют форму макета. Формы, способствующие легкому уяснению материала и быстрой ориентировке в справочных данных, достигаются применением следующих основных принципов:

6К7

ПЕНТОД В.Ч. ВАРИМЮ: ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ВЫСОКОЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ С АРГ

АНОД

АНТИДИНАТРОННАЯ СЕТКА

ЭКРАНИРУЮЩАЯ СЕТКА

УПРАВЛЯЮЩАЯ СЕТКА

ПОДОГРЕВНЫЙ КАТОД

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

НАКАЛ	напряжение	6,3 в
	ток	0,3 а
АНОД	напряжение	250 в
	ток	9,0 ма
ЭКР С	напряжение	100 в
	ток	2,5 ма
Напряжение смещения		−3 в
Крутизна		1,6 ма/в
Коэффициент усиления		1160
Внутреннее сопротивление		0,6 мгом
МЕЖДУЭЛЕКТР. ЕМКОСТИ	C_{a-g}	0,005 пкф
	$C_{g-к}$	7,0 пкф
	$C_{a-к}$	12,0 пкф
Срок службы		500 час.

ТИПОВАЯ СХЕМА УПЧ НА 6К7

~6,3в; 0,1мгом; 1000; 300; 20 000 пкф; 50 00пкф; 20000 пкф; АРГ; +250

Фиг. 25. Деталь макет-плаката „Радиолампы“

1. *Четкое территориальное разделение различных вопросов, освещаемых одним макетом.* При этом площадь, отводимая под тот или иной вопрос, оправдывается его значительностью. Применение этого простого принципа ясно из приведенных на фиг. 22—24 эскизов некоторых макет-плакатов.

2. *Подыскание наиболее простых и наглядных для каждого отдельного случая способов демонстрации.* Так, например, устройство

радиоламп демонстрируется полной разборкой их (фиг. 25), устройство электролитического конденсатора ясно при частичной разборке-вскрытии корпуса (фиг. 23). Демонстрация устройства маленьких деталей осуществлена увеличенными схематическими рисунками (фиг. 22—устройство сопротивления *ТО*). Некоторые же детали, вроде переменных воздушных конденсаторов или сопротивлений *СС*, не требуют никаких пояснений, ибо их устройство ясно при внешнем осмотре.

3. Минимум текста. Это требование не должно идти в ущерб полноте содержания макета. Часто необходимый пояснительный текст может быть заменен графическим изображением. Например, в таблице маркировки сопротивлений *ТО* названия цветов заменяются самими цветами; применение деталей может быть объяснено схемами их включения, что и сделано в макет-плакатах фиг. 22, 23.

4. Связь с практикой. Это условие выполняется подбором как самих деталей, так и справочного материала. И то, и другое должно быть наиболее часто употребляемым на практике. Примером служит формула расчета проволочного сопротивления (фиг. 22), представленная на макете в виде, пригодном для непосредственного решения практического вопроса: сколько нужно взять метров данного провода для получения необходимого сопротивления.

Важную роль играет также внешний вид макет-плакатов.

Внешний вид зависит от качества выполнения макета и от его художественного оформления. Во всех макет-плакатах должен быть один стиль, а оформление остается индивидуальным для каждого макета, вытекая из его содержания в целом и каждой части в отдельности. Оформление — не самоцель, а важное средство привлечения внимания обучаемых к учебному пособию.

Размеры, стиль и расцветка шрифтов, рисунков и схем при их правильном выборе могут способствовать легкому уяснению материала. Для успешного разрешения этих вопросов лучше всего воспользоваться услугами квалифицированного художника.

Выполнение макет-плакатов. Прежде всего заготовляются щиты из 3—5-*мм* фанеры, прибитой к деревянной раме. Лист плотной белой бумаги берется несколько бо́льших размеров, чем щит. Краями листа бумаги закрываются боковые стенки рамы щита. С внешней стороны бумага равномерно смачивается водой. Подклейка производится столярным клеем только с краев. На время просыхания клея загнутые края листа бумаги закрепляются на боковых стенках рамы кнопками. Затем согласно выбранному эскизу щит размечается карандашом, подготовляются детали для монтажа, проверяется их расположение и делаются необходимые поправки в разметке. До монтажа производится художественное оформление макета. Монтаж деталей должен быть осуществлен особенно тщательно, чтобы не запачкать и не повредить при этом белую бумагу. Крепление всех деталей скрытое. Осуществляется оно болтами и проволочками, припаянными к задним частям деталей. После изготовления макет-плакаты вешаются на стены с помощью петель. Высота подвеса $1{,}5 \div 1{,}8$ *м*.

ПЛАКАТЫ

Плакаты имеют два методических свойства. При изучении любой темы неоднократно приходится пояснять материал тем или иным графическим изображением: рисунком, схемой, графиком, формулой. Обычно эти изображения преподаватель воспроизводит на доске. Такие рисунки имеют ряд отрицательных свойств. Во-первых, они занимают учебное время и отвлекают самого преподавателя. Кроме того, они, как правило, не отличаются высокой художественностью, а иногда бывают просто недостаточно ясны и четки. Один раз выполненный художником плакат устраняет эти недостатки. Таким образом, плакаты могут быть изготовлены в большом количестве с целью отображения всех тех рисунков, графиков, формул, схем, которые необходимы для пояснения изучаемого материала. С другой стороны, плакат, находящийся все время на глазах обучаемого, способствует лучшему запоминанию материала. Он является как бы постоянно открытым справочником. В связи с этим же в плакаты может включаться и практический справочный материал, который в такой форме оказывается всегда под рукой. Кроме того, полезно изготовление плакатов, по некоторым областям применения радиотехники, не изучаемым в систематическом курсе. Ими являются плакаты, стоящие в перечне пособий (см. приложение) под № 72—78. Эти плакаты представляют материал для проведения внепрограммных лекций или бесед на соответствующие темы.

Плакаты являются наиболее сухой формой наглядного пособия, поэтому продуманность, четкость и качество выполнения каждого из них всецело определяют их ценность. Выполняются плакаты на таких же щитах, что и макет-плакаты. Только отдельные плакаты требуют иного формата (например, плакат «Электромагнитный спектр», изготовленный в виде ленты).

ПРИЛОЖЕНИЕ

КОМПЛЕКТ НАГЛЯДНЫХ ПОСОБИЙ ПО ЭЛЕКТРО-И РАДИОТЕХНИКЕ

Тема	№ п/п.	Название наглядного пособия	Форма пособия
1	2	3	4
I. Введение	1	„Области применения радиотехники"	Плакат
	2	„История развития электро- и радиотехники"	„
II. Природа электричества	3	„Набор деталей по электростатике"	Набор деталей
	4	„Проводники и изоляторы"	Макет-плакат
III. Постоянный ток	5	„Набор деталей по постоянному току"	Набор деталей
	6	„Электротехнические единицы измерения"	Плакат
	7	„Важнейшие формулы электро- и радиотехники"	„
	8	„Сопротивления"	Макет-плакат
	9	„Основные законы цепи постоянного тока"	Действ. макет
	10	„Тепловой амперметр"	Действ. модель
	11	„Универсальная электрохимическая модель"	„ „
	12	„Химические источники тока"	Макет-плакат
IV. Магнетизм, электромагнетизм и электромагнитная индукция	13	„Набор деталей по магнетизму и электромагнетизму"	Набор деталей
	14	„Электромагнетизм"	Плакат
	15	„Электромагниты"	Макет-плакат
	16	„Электромагнитный вольтметр"	Действ. модель
	17	„Магнитоэлектрический вольтметр"	„ „
	18	„Электродинамический ваттметр"	„ „
	19	„Универсальная модель двигатель-динамо-машина"	„ „
	20	„Взаимоиндукция"	Действ. макет
	21	„Самоиндукция"	„ „
V. Переменный ток, индуктивность и емкость в цепи переменного тока	22	„Переменный ток"	Плакат
	23	„Синусоидальная э. д. с."	Действ. макет
	24	„Пульсирующий ток"	„ „
	25	„Разборный трансформатор"	Действ. модель
	26	„Индуктивности"	Макет-плакат
	27	„Конденсаторы"	„
	28	„*R*, *C*, *L* в цепях постоянного и переменного токов"	Действ. макет
	29	„Резонанс токов"	„
	30	„Резонанс напряжений"	„
	31	„Реактивное сопротивление"	Плакат
VI. Принцип радиосвязи	32	„Принцип радиосвязи"	Плакат
	33	„Грозоотметчик Попова"	Действ. макет
	34	„Искровой передатчик"	Действ. модель
VII. Электромагнитные колебания	35	„Набор деталей по радиотехнике"	Набор деталей
	36	„Колебательный контур"	Действ. макет
	37	„Резонанс колебательных систем"	„ „
	38	„Антенны"	Плакат
	39	„КВ-антенны"	Модели
	40	„Электромагнитный спектр"	Плакат
VIII. Электронная лампа, простейшие ламповые схемы	41	„Принцип устройства электронных ламп"	Модель
	42	„Радиолампы"	Макет-плакат
	43	„Диод"	Действ. макет
	44	„Кенотронный выпрямитель"	„ „
	45	„Триод"	„ „
	46	„Лампа-усилитель"	„ „
	47	„Лампа-генератор"	„ „
IX. Радиопередатчики	48	„Радиопередатчики"	Плакат
	49	„Генераторы с самовозбуждением"	„
	50	„Универсальный ламповый генератор"	Действ. модель
	51	„Удвоение частоты"	Действ. макет
	52	„Модуляция"	Плакат
	53	„Амплитудная модуляция"	Действ. макет
	54	„Боковые частоты"	„ „
	55	„Манипуляция"	Плакат
	56	„Телефонно-телеграфный КВ-передатчик 50 *вт*"	Действ. макет
	57	„Приемо-передающая УКВ-рация 1 *вт*"	„ „
X. Радиоприемники	58	„Детектирование"	Плакат
	59	„Детекторный приемник"	Действ. макет
	60	„Диодный детектор"	„ „
	61	„Усилитель низкой частоты"	„ „
	62	„Усилители низкой частоты"	Плакат
	63	„Усилители высокой частоты"	„
	64	„Приемник прямого усиления"	Действ. макет
	65	„Принцип супергетеродинного приема"	„ „
	66	„Супергетеродины"	Плакат
	67	„Супергетеродин 2-го класса"	Действ. макет
XI. Питание радиоаппаратуры	68	„Селеновый выпрямитель"	Действ. макет
	69	„Умформер"	„ „
	70	„Барретер"	„ „
	71	„Неоновый стабилизатор напряжения"	„ „
XII. Обзор достижений современной радиотехники	72	„Частотная модуляция"	Плакат
	73	„Телевидение"	„
	74	„Телемеханика"	„
	75	„Радиолокация"	„
	76	„Звукозапись"	„
	77	„Пеленгация"	„
	78	„Радиометоды в народном хозяйстве"	„

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *В. А. Бурлянд* Техн. редактор *И. М. Скворцов*

Сдано в производство 7/VIII 1948 г. Подписано к печати 28/III 1949 г. 3 печ. лист., 3 уч.-авт. лист.
А-04010 Формат бумаги 60×92 1/8. Тираж 43 000. 40 000 тип. знак. в 1 печ. листе Зак. № 1224

Типография Госэнергоиздата МЭС. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Цена 2 р. 50 к.